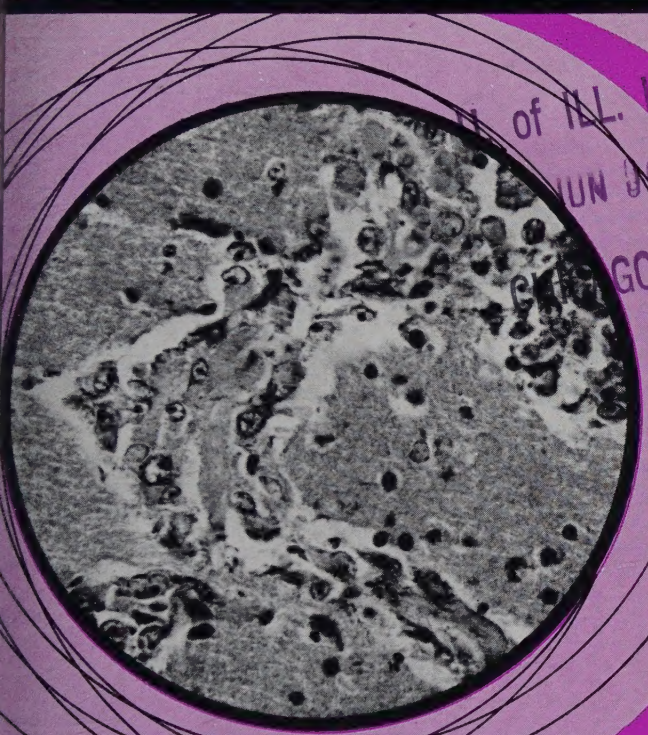
ECHERCHES INTERNATIONALES
la lumière du marxisme

...ty of ILL. LIBRARY
...JUN 30 1966
...GO CIRCLE



TISSUS DU CERVEAU ATTAQUÉS PAR DES CELLULES CANCÉREUSES

EXPLOSIONS NUCLÉAIRES ET RETOMBÉES RADIOACTIVES

BIMESTRIEL

NUMÉRO 16 SPÉCIAL

NOV.-DÉC. 1959

RECHERCHES INTERNATIONALES

à la lumière du marxisme

Conseillers de la rédaction

BULGARIE

PETER GUEORGUIEV, Professeur à l'Université de Sofia.

CHINE

WOU YU-TCHANG, Recteur de l'Université de Pékin.

GRANDE-BRETAGNE

JAMES KLUGMANN, Rédacteur en chef de *Marxism today*.

ITALIE

GIUSEPPE BERTI, du Comité Directeur de l'Institut Gramsci.

HONGRIE

ISTVAN SZIRMAI.

JAPON

K. KOURAHARA, Rédacteur en chef de *Zén-éï*.

POLOGNE

ADAM SCHAFF, Directeur de l'Institut de Philosophie et de Sociologie de l'Académie des Sciences.

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALLEMANDE

Dr LÉO STERN, de l'Académie des Sciences de Berlin.

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU VIET-NAM

HA-HUY-GIAP, Secrétaire d'Etat à l'Education Nationale.

ROUMANIE

C.-I. GOULIANE, de l'Académie roumaine, Directeur de l'Institut de Philosophie.

TCHECOSLOVAQUIE

VLADIMIR KOUCKY.

U.R.S.S.

A.-A. ARZOUMANIAN, Directeur de l'Institut d'Economie mondiale et des Relations Internationales de l'Académie des Sciences.

Directeur : JEAN KANAPA

Rédacteur en chef : FRANCIS COHEN

Rédaction du cahier n° 16

MARC LEFORT, MICHEL RIOU, JEAN-PIERRE VIGIER, Dr PHILIPPE VIGIER, maîtres de recherches au Centre National de la Recherche Scientifique.

Explosions nucléaires
et
retombées radioactives

Cahier n° 16

© Editions de la Nouvelle Critique, 1959.

PRESENTATION

En publiant ce cahier de caractère exceptionnel, Recherches Internationales *entend remplir un devoir : celui qu'impose un péril qui menace dès maintenant des millions d'êtres humains. La conception du monde à laquelle notre revue se réfère explicitement ne consiste pas seulement en une méthodologie, celle dont s'inspirent les travaux scientifiques que nous insérons habituellement. Elle signifie également la liaison reconnue et recherchée entre la science et la vie, la volonté de mettre la recherche et la réflexion scientifiques au service des intérêts de l'homme et de la société.*

Nous nous rencontrons en cela avec des savants qui ne partagent pas nos conceptions philosophiques, mais qui, devant les problèmes angoissants que pose le danger croissant de la radioactivité ambiante, estiment de leur responsabilité d'appliquer leurs connaissances et leur esprit scientifique à l'étude des multiples aspects de ces problèmes. Ils sont, à travers le monde, des centaines, des milliers sans doute, les bibliographies en font foi. Leurs contributions sont dispersées dans des centaines d'ouvrages et de revues presque toujours étroitement spécialisées. Elles sont reprises et systématisées d'une part dans quelques ouvrages destinés au grand public, trop peu nombreux encore, d'autre part dans les avertissements solennellement lancés par plusieurs des plus grands, d'Einstein aux Joliot-Curie, à Bernal et à Schweitzer, à Pauling et à Skolbeltzyne.

Une équipe de scientifiques français nous a aidés à faire un choix dans cette abondante documentation et à présenter quelques-uns des

travaux récents les plus significatifs, apportant ainsi le témoignage d la science sur les conséquences à brève et à longue échéance d explosions nucléaires expérimentales réalisées ou en projet.

Si ce dossier contribue à mettre l'opinion en alerte contre poursuite des explosions nucléaires expérimentales et notamme contre celle qui est projetée au Sahara, il aura atteint son but : do ner au civisme la justification et l'appui incontestables de la scienc

Recherches Internationales.

Nous nous sommes efforcés de reproduire les études contenu dans ce cahier dans leur intégralité. La place limitée dont nous di posions ne nous l'a pas toujours permis. Quand nous n'avons p insérer que des extraits, nous l'avons indiqué. Nous avons dû ég lement renoncer à un certain nombre de tableaux et de figures, ma nous avons veillé à ce que cela ne nuise ni à la compréhension ni l'argumentation scientifique. Les traductions ont été révisées par d spécialistes que nous remercions ici, ainsi que tous ceux, savant médecins, journalistes scientifiques, qui ont pris part à ce trav collectif.

INTRODUCTION

Les conséquences des expériences nucléaires auxquelles il a été procédé depuis quatorze ans préoccupent de plus en plus l'opinion publique. Celle-ci est particulièrement sensible à cette question dans notre pays, où l'on se propose de réaliser l'explosion expérimentale d'une bombe A, cependant que, après un premier arrêt unilatéral de la part de l'U.R.S.S. en août 1958, cette dernière, les Etats-Unis et l'Angleterre reconduisent maintenant depuis un an la suspension des essais et négocient à Genève sur leur arrêt définitif et contrôlé.

L'objet de ce cahier est de rassembler des travaux scientifiques, récents pour la plupart, qui permettent de faire le point de nos connaissances en la matière et de mesurer, à partir d'une documentation de première main, les dangers courus par l'humanité. Ces études ont été choisies, parmi des centaines d'autres, pour leur importance, pour leur caractère particulièrement démonstratif ou simplement à titre de témoignages sur les recherches engagées dans de multiples directions et de nombreux pays par des scientifiques de disciplines diverses. Comme cet ensemble est fait d'éléments d'origines et de caractères très divers, il ne nous a pas semblé inutile de dégager en quelques pages l'essentiel des faits qu'il apporte et des idées qu'il suggère [1].

---

1. Signalons à titre documentaire plusieurs ouvrages ayant traité de ces questions à divers points de vue :

L'énergie atomique dans ses répercussions sur la vie et la santé, Editions l'Expansion, 1956 (Compte rendu de la conférence scientifique sur les dangers atomiques tenue au Museum d'histoire naturelle les 1er et 2 juillet 1955) ;

Risques non calculés, Editions de la Fédération Mondiale des Travailleurs Scientifiques, 1957 ;

A. Pirie : *La menace radioactive*, préface de Bertrand Russel, trad. de l'anglais, Paris, Dunod, 1959 ;

Le monde scientifique, n° spécial, 4, 1958, Editions de la F.M.T.S.

A. V. Lebedinski : *Les scientifiques soviétiques devant les dangers des explosions nucléaires*, Editions de la Direction de l'Energie atomique de l'U.R.S.S., 1958.

★

Depuis les deux bombes A lancées en août 1945 sur Hiroshim et Nagasaki, quelque deux cents explosions d'armes nucléaires s sont succédées en différents points du globe, surtout dans l'hémi sphère nord ; elles ont produit dans l'atmosphère des éléments radio actifs en quantité considérable et par suite une pollution qui s'éten sur toute la surface de la Terre. Personne ne conteste le caractèr gigantesque des destructions provoquées par ces armes ni le dange qu'entraînerait pour la population tout entière du globe leur usag dans un conflit. Par contre, de longues controverses se sont dérou lées sur l'utilité scientifique des essais, et surtout sur la gravité de risques qu'ils créent. Cependant la commission d'experts scientifique de différents pays réunie sous l'autorité de l'O.N.U. en 1958 conclu à la nécessité d'arrêter les explosions. C'est le texte d ces conclusions qui forme la première partie de ce cahier.

Depuis octobre 1958, les expériences ont cessé, pour une period allant jusqu'au 1er janvier 1960. En analysant les conséquences d tels essais, chacun peut se convaincre qu'il convient de les arrête à jamais. Nous nous sommes efforcés de fournir ici les document essentiels qui permettent de se livrer à cette analyse. Après le rap port de la Commission de l'O.N.U., on trouvera, dans une deuxièm partie, les données les plus récentes sur les retombées radioactive dans divers pays. Une étude météorologique classique relative au vents et courants dans la zone de l'Afrique du Nord et du bassi méditerranéen a sa place ici, avec des travaux plus spécifiques pro venant de certains des pays directement intéressés, pour fournir le éléments d'un jugement sur les conséquences d'un essai éventue au Sahara. Ce sera notre troisième partie.

Quels sont les effets biologiques de l'accroissement de la radio activité, même aux faibles doses ? Quelles observations scientifique ont été faites jusqu'ici ? Quelles sont les bases qui permettent d prévoir les dangers futurs ? A ces questions répondent une séri d'articles émanant de savants de différents pays ; ils forment l quatrième partie. Ouverte par une note présentée récemment à l'Aca démie des Sciences de Paris, cette partie contient en particulier le études originales sur lesquelles s'appuie cette note, ainsi que l dossier fourni par les scientifiques japonais à la dernière en date de

Conférences mondiales annuelles contre les bombes A et H, qui s'est tenue en août 1959 à Hiroshima.

Il a paru essentiel ensuite de faire connaître les conséquences d'une explosion dirigée délibérément contre une agglomération. Quel document à la fois plus objectif et plus émouvant pouvait-on trouver que le bilan fait par les scientifiques japonais quatorze ans après les bombes d'Hiroshima et Nagasaki ? Personne ne doit oublier que ces bombes firent en 1945 plus de deux cent mille victimes et tuent encore actuellement une centaine de Japonais chaque année. Ceci constitue notre cinquième partie.

Il a semblé enfin nécessaire de faire place à quelques-uns des avertissements dictés à des savants par le sentiment que leur responsabilité ne se limitait pas à accumuler des connaissances, mais exigeait d'eux qu'ils communiquent à leurs contemporains les graves conclusions auxquelles ils étaient parvenus. On verra ce qu'il en a coûté à l'humanité que de tels avertissements, dont les premiers datent de 1945, n'aient pas été écoutés.

Examinons maintenant comment se posent les problèmes essentiels soulevés par les expériences nucléaires.

1. Les retombées radioactives

On a évalué l'énergie globale dégagée par les explosions expérimentales d'engins nucléaires. L'unité utilisée pour cette évaluation est la mégatonne de trinitrotoluène (Mt de TNT), qui représente l'énergie d'un million de tonnes de l'explosif « ordinaire » le plus puissant. Indiquons à titre de comparaison que la somme des explosions qui ont été produites au cours des deux guerres mondiales représente 10 Mt de TNT. Une bombe A où 1 kg d'U 235 subit la fission dégage 20 kilotonnes de TNT, une bombe H de 1 à 10 Mt de TNT.

Les explosions utilisant la fission de l'uranium 235 ou du plutonium 239 (bombes A et détonateurs de bombes H) ont dégagé une centaine de Mt de TNT, dont 40 en 1957-1958. Celles qui utilisent la fusion des noyaux légers (deutérium et lithium 6 en particulier) en ont dégagé autant.

Les explosions de fission engendrent inévitablement des produits radioactifs, dont certains ont une période (durée de la réduction à la moitié de leur activité) très longue. C'est le cas du strontium 90

(période 28 ans), dont il se forme environ 1 kg par Mt, ce qui co respond à une activité d'environ 100 kilocuries (100 kc) [2]. L'activi totale du strontium 90 dû à l'ensemble des explosions est donc 10 mégacuries, équivalente à celle de 10 tonnes de radium. Il est de même du césium 137 (période 30 ans), dont il se forn à peu près la même quantité.

La réaction de fusion engendre du tritium radioactif (périod 12 ans), mais elle libère aussi des neutrons qui transforment l'azo de l'air en carbone 14 radioactif (période 5.600 ans), dans les pr portions de 7 kg (soit 2 kc) par mégatonne. Ce C14 s'ajoute à cel qui se forme naturellement sous l'action des neutrons cosmiques. L teneur de l'atmosphère en C14 a effectivement augmenté depu 1954; cette augmentation a atteint 16 % en 1958 dans l'hémisphè nord. Le carbone entrant dans le cycle vital, la teneur des êtr vivants en ce produit radioactif a dû croître dans les mêmes propo tions, ce qui est très appréciable.

Quant aux produits de la fission, ils sont entraînés avec les pou sières dues aux explosions, s'élèvent à plus ou moins haute altitu pour retomber plus ou moins vite selon leur dimension, la chu étant accélérée en cas de pluie. C'est l'origine de retombées local très abondantes, surtout dans le sens des vents dominants. On rappelle les retombées de l'explosion du 1er mars 1954 à Bikini, q atteignirent à 150 kilomètres les pêcheurs japonais du *Dragon He reux* et provoquèrent la mort de l'un d'entre eux, contaminèrent u grande partie du Pacifique et y ruinèrent cette année-là l'industr de la pêche. Mais on sait moins que les retombées locales fure importantes aux Etats-Unis eux-mêmes, à la suite d'essais dans Nevada : la Commission de l'Energie Atomique dut laver à s frais les voitures circulant dans la région et qui s'étaient chargé de poussière radioactive; les retombées furent si intenses à S Francisco et aux alentours qu'une série d'essais dut être interrompu

Les retombées locales comportent, outre les produits de longu période, des corps radioactifs de courte période, dont l'activité attei plusieurs mégacuries (Mc) par Mt de TNT : strontium 89 (53 jours iode 131 (8 jours), baryum 140 (13 jours), etc.

Quand les explosions ont lieu à haute altitude ou sont très pui santes, la majeure partie des produits de fission (Sr90 et Cs137) so stockés dans la stratosphère, d'où ils retombent essentielleme

2. Voir plus loin, page 17, la définition des unités employées dans l travaux contenus dans ce cahier.

sous l'action des pluies, après avoir tourné plusieurs fois autour de la Terre. Des mesures ont permis d'évaluer ce « stock » à 1 Mc de Sr90 au début de 1958 et 3 Mc à la fin de la même année, 7 Mc étant retombés auparavant. Contrairement à ce que l'on avait d'abord cru, le stockage ne dure pas plus de trois ans, si bien qu'on ne peut guère compter sur la décroissance radioactive de ces produits avant leur entrée dans le cycle biologique, c'est-à-dire dans l'organisme des êtres vivants.

La troisième partie de ce cahier fournit des données sur la teneur en Sr90 du sol, des végétaux, des animaux et du corps humain dans divers pays du globe. On verra que cette teneur, appréciable partout, n'est pas uniformément répartie. Sa répartition moyenne dépend de divers facteurs : la latitude — elle est plus grande dans la zone qui comprend précisément la France; la quantité des précipitations — ainsi, au deuxième trimestre 1959, la moyenne mensuelle fut de 30 à 60 millicuries (mc) par km^2 dans la région parisienne et de plus de 80 dans les régions pluvieuses du centre et du sud de la France (soit plus de dix fois la dose maximum admissible pour l'eau potable); et si ces quantités ont baissé pendant la période de sécheresse, elles ne manqueront pas d'augmenter avec le retour des pluies. Enfin, la proportion de Sr90 retenu par le sol — et qui est déterminante puisque c'est elle qui va entrer dans le cycle biologique — dépend de la nature des terrains, la teneur étant plus forte dans les régions granitiques que dans les régions sédimentaires [3].

Les calculs montrent que la moyenne pour la zone du maximum, située entre les 40° et 50° parallèles Nord, qui était de 4 mc/km^2 de Sr90 en 1956, était passée à 13 en 1958 et devrait atteindre un plafond de 30 mc/km^2 environ après 1960 si les explosions cessaient; si celles-ci continuaient au rythme antérieur, la teneur atteindrait 75 mc/km^2 en 1970, c'est-à-dire qu'elle approcherait de la teneur moyenne en radium naturel, qui est de 80 mc/km^2. Les chiffres sont du même ordre pour le césium 137.

3. Les données figurant dans les différents articles de ce cahier ne peuvent paraître contradictoires que si on oublie l'augmentation au cours du temps, très rapide après le début de 1958, la variation selon la latitude et la nature du terrain. Ne pas oublier non plus que la France est parmi les pays les plus atteints.

2. Conséquences biologiques de la radioactivité artificielle

Les chiffres que nous venons de donner — et qui ne sont, rap pelons-le, que des moyennes — montrent que la radioactivité arti ficielle due aux retombées représente environ 5 % de la radioactivit naturelle due à la présence dans le sol de corps émettant des rayon nements. Il pourrait sembler que cet accroissement de l'irradiatio est plus ou moins négligeable. Il n'en est rien. En effet :

a) Certains éléments des retombées — strontium 90, césiu 137 — ont des propriétés chimiques telles qu'ils se fixent élective ment sur certains tissus des êtres vivants, végétaux ou animau (l'homme compris) et qu'ils s'y trouvent concentrés à un point te que l'irradiation interne dont ils sont responsables peut atteindr ou même dépasser l'irradiation externe à laquelle sont normalemen soumis les êtres vivants.

Le strontium, corps voisin du calcium, suit le sort de ce dernier il se concentre dans le lait, les céréales et finalement les os, où peut séjourner une trentaine d'années. On trouvera plus loin d très nombreuses données à ce sujet. Par exemple, le lait de Grande Bretagne contenait en 1956, 4 à 10 « unités de strontium », quantit qui a sans doute triplé depuis. Les os des enfants fixent plus rapide ment le strontium que ceux des adultes; ainsi la concentration aug mentera avec le temps, pour atteindre après 1960 le taux de l radioactivité naturelle.

Le césium, corps voisin du potassium, se fixe avec lui dan les muscles et dans le sang, causant une irradiation généralisée d corps humain d'autant plus totale qu'il émet des rayons gamm pénétrants. En 1960, cette irradiation atteindra 30 % de celle qu cause l'élément radioactif naturel qu'est le potassium 40. L'analys des rayonnements gamma émis par le corps humain montre qu celui du césium 137, dû aux retombées, dépasse déjà celui dû a potassium naturel (voir plus loin l'article de Blanc, Lansiart et Jean maire).

Enfin, un équilibre s'établit très rapidement entre le carbone d l'atmosphère et celui des tissus vivants. La quantité de C14 aug mente de 2 % par an (et atteint 20 % de la quantité naturelle). C

chiffre, comme tous ceux qui précèdent, n'étant bien entendu valable que si les essais ne reprennent pas.

La quatrième partie de ce cahier, consacrée aux effets biologiques des corps radioactifs dont nous venons de parler, détaille les lésions dont l'irradiation est responsable : essentiellement cancers de divers types, leucémies, malformations congénitales. Le lien de cause à effet est nettement établi entre l'irradiation et de multiples maladies et décès. Les statistiques américaines montrent que la durée de la vie des radiologistes est inférieure de cinq ans en moyenne à celle de l'ensemble de la population. Les leucémies sont d'autant plus fréquentes chez les survivants d'Hiroshima que ceux-ci se trouvaient plus près du centre de l'explosion de la bombe. Les enfants qui ont été irradiés aux rayons X pendant leur vie fœtale sont davantage sujets au cancer infantile (voir l'étude du Dr Stewart). Les enfants anormaux sont plus nombreux dans les régions à roches volcaniques, de radioactivité plus élevée que celle des régions sédimentaires (voir l'article du Dr Gentry).

b) Il faut renoncer à la notion de seuil concernant la dose d'irradiation, c'est-à-dire qu'aucune dose ne semble inoffensive et que les effets sont sensiblement proportionnels à l'irradiation. Un accroissement de 5 % ne fait qu'une victime de plus sur vingt, mais il fait une victime. On lira à ce sujet les études de Marcovich, de A. Lebedinski et du Dr Gentry. L'importance de cette dernière étude est toute particulière. Elle montre qu'il n'y a pas de seuil pour toute une population et que, contrairement à certaines affirmations produites à la tribune de l'O.N.U., il existe des données scientifiques montrant qu'une faible augmentation de la radioactivité naturelle (moins de 20 %) exerce une influence sur le taux des malformations.

Même s'il apparaissait qu'au cours de son évolution l'humanité se soit plus ou moins adaptée aux doses de rayonnement naturel, il serait dangereux de modifier l'équilibre très complexe qui se serait établi en provoquant une augmentation artificielle de la radioactivité, surtout lorsqu'elle porte sur l'ensemble des populations, comme c'est le cas pour les explosions nucléaires.

Les commissions internationales de protection ont tenté de définir la dose « admissible » que peut recevoir un individu comme *étant la dose qui ne peut causer aucun trouble appréciable*. D'année en année on tend à abaisser cette dose. Il y a cinq ans, elle était de 300 millirems (mrem) par semaine et elle a été ramenée récemment à 100 mrem. En vérité, cette dose n'est pas connue parce qu'on

manque encore de données sur les effets à long terme des irradia tions.

Les conséquences de ce fait sont considérables. Les sources d radioactivité artificielle ne manquent pas, en effet : fonctionnemen des installations atomiques, déchets de ces installations et surtou utilisations médicales des rayons X (et des radio-isotopes) pour l diagnostic et le traitement de multiples affections. Alertés par le travaux dont nous venons de donner un aperçu, les savants s'ef forcent de réduire au minimum les risques ainsi encourus. On ten à remplacer le plus fréquemment possible les radioscopies par le radiographies, où le temps d'exposition est moins long, et on per fectionne les appareillages de façon à réduire au minimum ce temp d'exposition. On revise les installations de radiologie. On exige de équipements de protection de plus en plus poussés dans les labora toires et centres nucléaires.

Mais cet effort immense serait vain si rien n'était fait parallèle ment contre les retombées. On verra plus loin que, par exemple, le cas de leucémie attribuables aux retombées peuvent être évalués d 800 à 4.000 par an, ce chiffre devant atteindre 5.000 à 60.000 s les essais se poursuivent, soit des accroissements, par rapport au causes naturelles, pouvant atteindre respectivement 2 % et 24 % Or, ici, les bombes « propres » n'existant pas, nous l'avons vu et la notion de seuil devant être abandonnée, une seule solutio existe : l'arrêt des expériences [4].

4. Plusieurs spécialistes ont recherché les moyens de réduire les effet biologiques des retombées, en particulier du strontium 90. La contamina tion est telle que le seul moyen radical : éliminer le strontium conten dans les aliments est économiquement impraticable.

C.L. Durnham, directeur de la division de biologie et de médecine d la Commission américaine de l'Energie atomique, propose de réduire d moitié la quantité de strontium 90 fixé par les os — et donc le nombr de cas de cancers et de leucémies qui en résultent — en faisant absorbe par l'ensemble de la population *3 grammes par jour* de biphosphate d calcium. Le même procédé pourrait être appliqué aux vaches laitières

Même si la valeur de ce moyen était scientifiquement confirmée, l'am pleur même des mesures à prendre pour sa mise en œuvre rend so application pratiquement impossible. Serait-il praticable qu'il ne rédu rait encore que de moitié, répétons-le, les effets dus au seul strontium 9 Cela confirme à quel point il est illusoire de chercher à neutraliser le effets de la contamination. Le seul moyen efficace est d'arrêter la conta mination à la source en arrêtant les explosions nucléaires.

3. Les projets d'essais au Sahara et leur éventuel intérêt scientifique

Il faut bien dire maintenant combien les essais d'armes nucléaires actuellement envisagés par le gouvernement français constituent un anachronisme dangereux, ruineux et inutile. Ils contribueraient d'abord à une augmentation de la radioactivité et entraîneraient quelques milliers de victimes indirectes dans le cas le plus favorable où les effets immédiats seraient sans conséquence. Mais à cet égard, il faut souligner que toutes les données météorologiques connues indiquent au contraire, non seulement que l'Afrique circumsaharienne serait arrosée de pluies fortement radioactives, mais encore que les sables du Sahara sont souvent entraînés vers le bassin méditerranéen et que les vents en altitude vont fréquemment en direction du continent européen (voir 3e partie). Personne ne peut donc affirmer que les effets immédiats seront sans conséquence.

Il ne faut pas oublier que le Sahara est loin d'être un désert inhabité, puisque plus d'un million de personnes y vivent : même si l'on choisit comme lieu d'explosion le point le plus désertique, des populations importantes vivent à quelques centaines de kilomètres de là et peuvent donc être soumises à des retombées locales intenses, comme l'ont montré les « accidents » que nous signalions plus haut.

L'argument « distance », mis en avant par les milieux officiels, ne peut être retenu ni pour les retombées locales ni, moins encore, pour les retombées générales : répétons que c'est à celles-ci qu'un pays comme la France doit d'être fortement arrosée de strontium 90 alors que les explosions les plus proches ont eu lieu à des milliers de kilomètres...

Changer le lieu de l'explosion, le transporter en Océanie par exemple, au lieu du Sahara ne sert donc de rien : le problème n'est pas de déplacer le danger, mais de l'éviter. Et en 1959, l'excuse de l'ignorance ne peut plus être invoquée.

Nous n'examinons ici que les arguments scientifiques, mais il nous semble clair que ces explosions sont susceptibles d'entraîner une reprise des essais par d'autres puissances et de contrecarrer l'accord en cours de négociation sur l'arrêt des explosions. On dit que l'augmentation de radioactivité due à la bombe française ne serait que de quelques millièmes. Comment d'abord prendre si

légèrement son parti d'accroître le nombre de cancers et de tare congénitales, ne serait-ce que de « quelques millièmes ». Mais, s le départ était ainsi donné à de nouvelles séries d'expériences, quoi aboutirait-on, sinon à une course insensée vers la mort.

Les conséquences de la construction et de l'expérimentation d bombes atomiques sont néfastes pour notre pays et entraînent un régression dans le domaine de l'application pacifique de l'énergi atomique : les matériaux fissiles (plutonium produit par les centra les de Marcoule, puis uranium 235 produit par l'usine de séparatio isotopique en construction) utilisés pour la construction de bombe ne pourront l'être simultanément pour celle de moteurs ou de cen trales électriques nécessaire à l'économie nationale. Il en est d même évidemment en ce qui concerne le personnel technique. D plus, les applications militaires exigeant une pureté nucléaire trè supérieure à celle des applications civiles, nécessitent des installa tions fort coûteuses et non convertibles [5].

Par cette orientation, la France, actuellement très bien placé en ce qui concerne les applications pacifiques de l'énergie atomique [6]

5. Il semble utile de préciser ce point. On sait que l'uranium naturel (238) contient seulement 0,7 pour cent d'uranium 235 et que c'est ce dernier qui est le plus fissile. Bien que l'on construise des réacteurs à uranium naturel comme Zoé ou G 1 à Marcoule, on a besoin d'uranium enrichi à 20 % en 235 pour des réacteurs moins encombrants, comme ceux des moteurs sous-marins. La séparation isotopique de l'uranium est donc à entreprendre. Mais il est inutile de dépasser un taux de 20 à 25 %. Par contre, les bombes A nécessitent un enrichissement à 80 %, beaucoup plus coûteux. Cet uranium enrichi ne peut pas servir pour les applications pacifiques et si l'on veut l'utiliser dans ce sens, il faut le diluer à nouveau. Les derniers efforts d'enrichissement de 20 à 80 % sont très importants et parfaitement inutiles. C'est malheureusement à ce « gaspillage » dangereux que l'on tend.

La production de plutonium à outrance est également contraire au développement des recherches vers les applications pacifiques. Le plutonium 239 est produit par l'action des neutrons rapides sur l'uranium 238. Chaque neutron utilisé ainsi n'est pas ralenti et ne provoque pas de nouvelle fission de l'uranium 235. C'est ainsi que pour augmenter la production de plutonium on diminue le freinage des neutrons et par suite la chaleur dégagée et la production d'énergie. Les réacteurs de Marcoule fonctionnent en « veilleuse » de ce point de vue et les échangeurs ne reçoivent presque pas de chaleur. De plus, il faut traiter chimiquement les barres d'uranium très fréquemment pour extraire le plutonium. Ce traitement délicat est très coûteux. Il serait nécessaire moins fréquemment si le but principal du réacteur était la production d'énergie. Le centre de Marcoule avait été projeté pour cela et le plutonium était initialement considéré comme un sous-produit; mais le projet a été entièrement renversé et l'on sacrifie actuellement à la production de plutonium l'exploitation de l'énergie atomique.

6. Rappelons qu'en 1948, la France s'est placée pacifiquement au quatrième rang des puissances atomiques par la mise en service de Zoé, sous la direction de Frédéric Joliot-Curie, et qu'elle a par la suite consolidé cette position.

ne peut que prendre du retard, notamment par rapport aux nations renonçant aux programmes militaires.

Depuis bien des années déjà les scientifiques français ont montré combien la science est en péril dans notre pays. Vingt-sept d'entre eux ont alerté l'opinion publique dans un appel de juillet 1959 sur les conséquences de la bombe. L'évolution rapide des événements confirme le bien-fondé de leur position.

4. L'utilisation pacifique de l'énergie atomique

Un autre point sur lequel les scientifiques doivent insister est le suivant : le danger des radiations accompagnant les travaux pacifiques, scientifiques ou techniques, s'il nécessite des précautions spéciales, est d'un tout autre ordre que celui des explosions nucléaires.

Les sources de radiations d'origine scientifique ou industrielle, strictement localisées, n'affectent qu'une faible fraction de la population (1/10.000 en France au plus) et peuvent être arrêtées à tout moment si un danger se présente pour le personnel ou les populations : ces travaux entraînent donc beaucoup moins de conséquences irréversibles que les explosions nucléaires. De plus, on est en droit d'en attendre un progrès scientifique et technique et finalement un mieux-être pour les populations, d'autant plus certain que progresseront le désarmement et la coopération pacifique.

Certes, des problèmes restent à résoudre, comme ceux qui ont été examinés lors de la récente conférence internationale de Monaco sur l'élimination des déchets radioactifs. Mais, s'ils sont délicats, c'est précisément parce que l'on recherche une sécurité absolue, à l'opposé du cas des explosions nucléaires.

On peut dire la même chose pour les radiations à usage médical. Prenons l'exemple des rayons X. S'il est vrai que leur emploi abusif présente des dangers, combien de vies humaines ont-elles été sauvées par les examens radiographiques et la radiothérapie ? Le progrès a permis de prendre toutes les précautions pour réduire au maximum les risques. De même les avantages apportés à l'humanité par la disposition de sources d'énergie presque inépuisables justifient amplement les travaux de spécialistes sur l'énergie atomique.

Qui songerait à bannir l'usage de l'électricité en raison des risque d'électrocution ? Mais qui accepterait par contre de laisser couri le long des rues des câbles haute tension non isolés ?

★

Il est toujours possible de discuter les chiffres mesurant le dangers des expériences nucléaires, encore qu'actuellement ceu qui proviennent de différentes origines s'accordent assez bien. Mai il n'est plus possible de nier la réalité des effets et donc d'en esquive la seule conclusion logique : l'arrêt définitif et universel des explo sions nucléaires. L'adage bien connu : « Il vaut mieux prévenir qu guérir » s'applique ici avec d'autant plus de force que l'accroisse ment de radioactivité, notamment dans le corps humain, est inévi table, comme nous l'avons vu, et que de plus, la médecine est en core désarmée face aux maladies ou malformations qui en résultent

A cela vient s'ajouter une raison tout aussi impérieuse : ce essais ne préparent pour l'humanité rien d'autre que des guerre atomiques qui entraîneraient non seulement des destructions bru tales mille fois plus puissantes que celles d'Hiroshima et de Nagasak (une seule « super-bombe » est capable d'anéantir complètemer toute la région parisienne), mais encore un empoisonnement généra de la planète par les effets indirects de la radioactivité : il ne faut pa oublier que 100.000 bombes A ou H ou plus sont actuellemer stockées dans le monde. L'arrêt des essais n'est certes pas suffisan pour éliminer le danger atomique, mais c'est un premier pas urgen et nécessaire vers la voie du désarmement.

La lecture des documents de notre cinquième partie, relatifs au destructions produites par une seule bombe A sur Hiroshima, pui au calvaire de la population momentanément épargnée au momer de l'explosion, est particulièrement instructive. Puisqu'une tell expérience n'a pu être empêchée, qu'elle ait du moins servi de signa d'alarme.

En vérité, le progrès de l'humanité est fondé sur le développe ment de nos connaissances scientifiques. Orientée vers les œuvre de paix, l'application de ces connaissances décuple les forces et bien-être de l'homme. Pervertie au service de la préparation à

erre, elle fait planer la menace d'une destruction irrémédiable. ette menace pèse sur chacun d'entre nous, et c'est la responsabilité chacun d'entre nous d'y mettre fin.

« La libération de l'énergie atomique n'a pas créé de nouveau roblème, disait Einstein, elle a rendu plus urgente la nécessité d'en soudre un existant déjà : *rendre la guerre impossible* ».

UNITES DE MESURE EMPLOYEES DANS CE CAHIER

oentgen ou *r* : Unité de dose de rayons X et rayons γ. C'est la quantité de rayons X ou γ qui produit dans l'air des ions porteurs d'une quantité d'électricité positive ou négative égale à l'unité électrostatique pour 0,001293 gramme d'air.

ad : Unité de la dose de radiation absorbée par les tissus ou tout autre substance. Elle correspond à 100 ergs par gramme.

em (équivalence en roentgen-homme) : Le rem est la dose absorbée de toute radiation ionisante ayant le même effet biologique que 1 rad de rayons X. Une dose en rems est égale à la dose en rads multipliée par l'E.B.R. (*effectivité biologique relative*) appropriée. L'E.B.R. spécifique d'une radiation tient compte de multiples données : lésions biologiques causées, intensité de l'irradiation, température, etc., et comporte donc une certaine imprécision.

urie ou *c* : Un curie est l'unité de radioactivité définie comme la quantité d'élément radioactif dans laquelle le nombre des désintégrations atomiques est $3{,}70.10^{10}$ par seconde. Cette unité représente un gramme de radium.

Millicurie ou *mc* : La millième partie d'un curie.

Microcurie ou μc : La millionième partie d'un curie.

Micromicrocurie ou μμc : La millionième partie d'un microcurie.

Unité strontium ou *S.U.* ou *U.S.* : Le strontium est apparenté
calcium à la fois chimiquement et par son comportement d
le corps. Une unité strontium est un micromicrocurie
strontium 90 pour un gramme de calcium.

Unité césium ou *C.U.* ou *U.C.* : Le césium est apparenté au pot
sium. Une unité césium est un micromicrocurie de césium
pour un gramme de potassium.

Dose absorbée : C'est la quantité d'énergie cédée par des particu
ionisantes à l'unité de masse de la substance irradiée.

Dose maximum tolérable (ou *dose tolérable,* ou *dose admissible*
a) Pour les travailleurs exposés aux radiations. La dose
radiation ionisante qui, dans l'état actuel des connaissanc
est supposée ne pas devoir causer de lésions appréciable
une personne qui y est exposée, à aucun moment de
existence.
b) Pour les grandes populations. La dose tolérable pour
grandes populations ne devrait pas excéder un dixième
celle admise pour les gens exposés professionnellement
radiations.

MeV : mégaélectron-volt = un million d'électron-volts. L'électr
volt est l'énergie nécessaire à un électron pour traverser
différence de potentiel d'un volt.

1re Partie

RAPPORT DU COMITE SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ETUDE DES EFFETS DES RADIATIONS IONISANTES

Cette première partie est constituée par deux extraits du rapp
adopté en conclusion de ses travaux par le comité spécial d'exp
scientifiques constitué par l'Organisation des Nations Unies p
étudier les effets des radiations ionisantes. Ce rapport fait pa
des documents officiels de la treizième session de l'Assemblée gé
rale de l'O.N.U. (New-York, 1958). Il donne un aspect d'ensem
de la question.

On trouvera ici les paragraphes VI et VII du chapitre III (*D*
nées physiques) et le chapitre VII (*Résumé et conclusions*) du r
port. Certaines références à d'autres parties de ce travail (aux vo
mineuses Annexes notamment) n'ont pu être éliminées du texte.
numérotations originales ont également été conservées. Quelq
tableaux et une courbe ont été utilisés dans la deuxième partie.

DONNEES PHYSIQUES SUR LES RADIATIONS IONISANTES

VI. — Contamination du milieu

38. La contamination radioactive du milieu est causée par les plosions nucléaires; elle peut également résulter de l'évacuation s déchets radioactifs ou d'accidents entraînant la dispersion d'élé- ents radioactifs. Les doses d'irradiation provenant de ces deux rnières sources sont négligeables à l'heure actuelle, mais elles urraient devenir appréciables dans l'avenir.

tombée radioactive.

39. La plupart des radio-isotopes qui contaminent le milieu à suite des essais d'engins nucléaires sont des produits de fission. n trouve également des radio-isotopes qui se sont formés sous l'ef- des neutrons ainsi que des matières fissiles résiduaires.

écanisme de la retombée.

40. Les produits de fission introduits dans la stratosphère for- ent une réserve, d'où ils retombent sur toute la surface de la terre ndant de nombreuses années (retombée stratosphérique). Les pro- its de fission qui ne pénètrent pas dans la stratosphère peuvent être nsportés sur de longues distances dans la troposphère par des urants aériens, mais la pluie et la sédimentation les font se déposer r la surface de la terre en l'espace de quelques mois (retombée posphérique). Comme le dépôt provenant de la retombée strato- hérique ne se forme que progressivement, la plus grande partie de

l'irradiation qui en résulte pour les êtres humains est produite p
des radio-isotopes de longue période tels que le strontium 90 et
césium 137. Cependant, le dépôt formé antérieurement par la
tombée troposphérique oblige à prendre aussi en considération
irradiations dues à des radio-isotopes de période bien plus cour
tels que le strontium 89, le zirconium 95, les ruthéniums 103 et 1
l'iode 131, le baryum 140 et le cérium 144.

41. Un dépôt de radio-isotopes se forme très rapidement à p
ximité du lieu des explosions; sa formation est influencée par div
ses conditions — d'ordre météorologique, ou dépendant du car
tère des expériences — et son existence peut mettre spécialem
en danger toute personne qui se trouve dans cette région de retom
locale immédiate.

42. Les conditions météorologiques et le fait que les expérien
nucléaires ont lieu surtout dans l'hémisphère nord font que l'imp
tance du dépôt de radio-isotopes de longue période varie sur la s
face du globe, et que dans les pays situés entre le 30e et le
parallèle de latitude N., le dépôt est environ le triple de la moye
pour le monde entier. Dans l'hémisphère sud et dans la zone in
tropicale, l'importance du dépôt est bien moindre : le maxim
observé entre le 30e et le 50e parallèle de latitude S., est de l'o
de la moyenne mondiale. Dans certains pays, la retombée tr
sphérique entraîne une légère augmentation du dépôt d'isotope
longue période, comme le strontium 90. Les facteurs météorol
ques et climatiques locaux influent sur l'importance et le mode
formation du dépôt à un endroit déterminé.

*Mesures de la contamination de l'air et du sol par le strontium
et le césium 137.*

43. On trouvera à l'annexe D des résultats de mesures d
concentration du strontium 90 et du césium 137 dans diverses
tières. Il en ressort que la concentration moyenne dans l'air
niveau du sol, était en 1956-1957 de l'ordre de 10^{-19} à 10^{-17}
pour le strontium 90. Pour le strontium 90 déposé sur le sol
le milieu de l'année 1957, les valeurs étaient, dans l'hémisp
nord, d'environ 8 mc/km^2 au Japon, 8 mc/km^2 au Royaume-
4-21 mc/km^2 aux Etats-Unis et 3-12 mc/km^2 en Union soviét

1. C/l : curie par litre. Voir la définition des unités page 17 (*N.d*

dans l'hémisphère sud, d'environ 4 mc/km² en Argentine. Pour césium 137 déposé sur le sol, les mesures effectuées au milieu l'année 1957 ont donné des valeurs de 6 mc/km² au Japon et Suède.

corporation de radio-isotopes.

44. Les radio-isotopes pénètrent dans l'organisme humain par halation de matières en suspension dans l'air et plus spécialement r ingestion après : *a*) incorporation par les végétaux et accumulation r leurs surfaces exposées ; *b*) transmission par l'intermédiaire des imaux ; *c*) contamination de l'eau. A cet égard, le strontium 90, césium 137 et l'iode 131 sont spécialement importants. La retombée se composant de particules dont certaines ont une activité supérieure à la moyenne, certains individus risquent d'absorber une uantité de matières radioactives supérieure aux prévisions (celles-ci eposant sur l'hypothèse que le dépôt provenant de la retombée est niformément réparti). L'importance relative des divers modes d'absorption doit cependant être prise en considération lorsqu'on cherche évaluer l'importance de ce phénomène.

oses provenant de sources externes.

45. Le calcul de la dose provenant de la retombée accumulée xige que l'on considère de nombreux facteurs autres que le dépôt e matières radioactives, notamment : l'influence des agents atmosphériques, l'infiltration dans le sol et la protection offerte par les âtiments. Compte tenu des matières radioactives provenant de la etombée qui se sont déposées jusqu'en 1958, mais non de celles qui ont encore retomber de la réserve existante, on a trouvé, pour irradiation d'origine externe au cours d'une période de 30 ans, des oses-gonade de l'ordre de 1 à 20 mrems. Ce très large intervalle explique en grande partie par des variations régionales. Dans les alculs, on a pris un facteur de réduction de 10 pour tenir compte e l'atténuation, de la protection fournie par les bâtiments et de effet des agents atmosphériques. On notera toutefois que les vaeurs proposées pour ce facteur dans les rapports soumis au Comité arient de 3 à 21. Il convient de souligner que la dose-gonade d'orine externe provenant du rayonnement gamma émis par le dépôt de etombée est dans la plupart des cas assez faible, par comparaison à

la dose-gonade provenant des radio-isotopes de la retombée fi
dans l'organisme.

Doses provenant de sources internes d'origine stratosphériques.

46. Les substances radioactives qui pénètrent dans le co
humain délivrent une dose étroitement liée au temps pendant leq
elles sont retenues par l'organisme. Cela signifie qu'un grand nom
des radio-isotopes produits au cours de la fission ne présentent auc
risque d'irradiation interne, puisqu'ils ne participent pratiquem
pas aux processus métaboliques. Par suite, on s'est intéressé spéc
lement au cas des radio-isotopes qui sont potentiellement dangere
parce qu'ils présentent les caractéristiques suivantes, ou certai
d'entre elles : 1) ils sont formés en grande abondance au cours
la fission; 2) leur période radioactive est assez longue; 3) ils
trent dans l'alimentation humaine par l'intermédiaire de la cha
alimentaire; 4) ils sont facilement absorbés par l'organisme; 5)
y sont retenus pendant longtemps. On a plus particulièrement étu
les éléments qui se concentrent dans des tissus déterminés, mê
s'ils ne présentent pas toutes les caractéristiques énumérées
dessus. Partant de ces critères, on peut estimer que les radio-isoto
les plus importants sont le strontium 90 et le césium 137.
autres radio-isotopes de longue période sont tenus pour ne prés
ter que peu de risques d'irradiation interne, l'organisme ne
retenant qu'en quantités négligeables. Par contre, on tiendra com
de l'iode 131, malgré sa courte période, en raison de sa conc
tration sélective dans la glande thyroïde.

47. Outre les produits de fission et les radio-isotopes qui
forment sous l'effet des neutrons, une partie des matières fiss
résiduaires sera également dispersée du fait des conditions at
sphériques; ces matières peuvent être dangereuses, étant do
qu'elles sont constituées par des émetteurs alpha ostéotropes. C
qu'il en soit, l'absorption par l'organisme est si facile que rien n
dique jusqu'ici que ces matières soient incorporées dans les tis
humains.

Le strontium 90 dans la chaîne alimentaire.

48. Le calcium et le strontium ayant un comportement
mique similaire, le strontium 90 accompagne le calcium dans
chaîne alimentaire, allant du milieu à l'homme, et est finalement

rporé avec lui dans les os. On a découvert qu'aux divers stades de tte chaîne, une certaine discrimination s'opère aux dépens du rontium. Ce phénomène est lié aux différences d'utilisation des deux éments dans divers processus biologiques.

49. Les calculs relatifs au transfert du strontium 90 de la re-mbée aux tissus osseux de l'homme se trouvent compliqués du fait ue les conditions d'équilibre n'ont pu être atteintes tout au long u cycle et que, pour certaines des premières étapes, le débit de retombée peut avoir une plus grande importance que le dépôt e strontium 90 accumulé. D'autre part, les habitudes alimen-aires varient considérablement d'un pays à l'autre. C'est ainsi ue dans certaines régions du monde, le lait fournit la plus rande partie du calcium entrant dans l'alimentation humaine, lors qu'ailleurs ce rôle est rempli par les légumes à feuilles et es céréales. Il s'ensuit qu'il est difficile de calculer exacte-ent la quantité de strontium 90 transférée du sol au squelette umain par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire ; on possède éanmoins des données, obtenues au moyen de mesures directes, sur a concentration du strontium 90 dans les aliments et dans les tissus umains.

e strontium 90 dans les aliments.

50. La concentration du strontium 90 dans diverses denrées limentaires varie d'un pays à l'autre. Exprimée en micromicrocuries e strontium 90 par gramme de calcium [1], les concentrations oyennes dans le lait de différentes provenances se situaient entre ,9 et 7,2 en 1955, 1,2 et 8,8 en 1956, 2,7 et 16 en 1957. En 956, au Japon, le riz poli contenait de 36 à 62 U.S., alors qu'en 956-1957, aux Etats-Unis, les légumes congelés en contenaient nviron 9, la concentration pour ces légumes variant de 1 à 29 U.S.

Le strontium 90 dans l'organisme humain.

51. Les mesures relatives aux taux moyens de strontium 90 ans les os des enfants de moins de 5 ans (à l'exclusion des enfants ort-nés) ont donné, en unités de strontium, les résultats suivants :

1. Le micromicrocurie de strontium 90 par gramme de calcium cons-itue ce que l'on appelle l'unité de strontium ou U.S.

1,5 (Canada, mai 1956 à mai 1957), 1,15 (Royaume-Uni, 195
0,67 (Etats-Unis, juillet 1956 à juin 1957) et 2,3 (U.R.S.
deuxième semestre de 1957). Les valeurs interquartiles relevées
Royaume-Uni (0,7 à 1,8 U.S.) montrent bien l'importance de l'éc
entre les extrêmes alors que les données concernant les Etats-U
font ressortir une répartition approximativement gaussienne, a
un écart type de 40 pour 100 environ. Le groupe d'âge 0-5
est constitué par une population qui a toujours vécu dans un mil
contaminé, où la contamination des aliments n'a fait qu'augmen
avec le temps. Les concentrations de strontium 90 indiquées fo
nissent une dose moyenne de 2 à 6 mrems par an aux cellules
seuses (ostéocytes) et une dose moyenne de 0,7 à 2 mrems par
à la moelle des os. Une cellule de la moelle osseuse presque ent
rement enfermée par des tissus osseux reçoit une dose qui p
être égale à celle des os eux-mêmes. La dose-moelle osseuse ma
mum reçue par les cellules de ce genre pourrait être environ
quintuple des valeurs indiquées plus haut pour les doses-moe
osseuse moyennes.

52. La quantité de strontium 90 contenue dans les os
fœtus à terme est inférieure à celle que l'on trouve dans les
des enfants de moins de 5 ans. Cela ressort en particulier des r
sures faites au Royaume-Uni, où le niveau moyen était de 0,55 U
environ pour les mort-nés en 1957 (42 échantillons). Les conc
trations de strontium 90 vers la fin de la vie fœtale sont liées dir
tement à la concentration de strontium 90 dans le sang de la mè
cette dernière augmente lorsque la contamination des denrées
mentaires s'accroît.

Le césium 137 dans l'organisme humain.

53. On a constaté qu'actuellement la contamination des prod
alimentaires par le césium 137 dépend plus du débit de la retom
que de l'importance du dépôt accumulé. Les concentrations de
sium 137 sont fréquemment exprimées par le rapport césium 1
potassium. Cependant, certaines indications semblent prouver que
métabolisme et les voies d'entrée de ces deux éléments dans l'or
nisme humain diffèrent dans une certaine mesure et que le rapp
césium 137/potassium ne saurait avoir la même signification bi
gique que les rapports strontium 90/calcium. En raison de la co
période biologique du césium 137 (140 jours environ), le niv

cet isotope dans le corps humain doit s'équilibrer assez rapidement avec celui qu'il atteint dans le milieu ambiant.

54. Les dosages du césium 137 contenu dans le corps humain (mesures faites dans la zone tempérée boréale) ont indiqué une quantité de l'ordre de 25 à 70 μμc par gramme de potassium pour 1957, ce qui correspond à une dose-gonade d'environ 1 mrem par an (les valeurs extrêmes étant 0,5 et 2 mrems environ par an). Si la concentration du césium est la même dans la moelle que dans les autres tissus mous, la dose-moelle osseuse moyenne est, d'après les calculs, voisine de 1 mrem par an.

Doses d'origine troposphérique.

55. La retombée troposphérique est constituée surtout par des isotopes de courte période. Sa contribution à la dose globale dépend donc beaucoup du débit de la retombée, plutôt que de l'importance du dépôt total. La durée moyenne du séjour de ces isotopes dans la troposphère étant relativement courte, l'arrêt des expériences nucléaires mettrait fin rapidement à l'irradiation qui leur est imputable.

56. La retombée troposphérique se produit surtout sous les latitudes où ont lieu les expériences, et les zones les plus affectées sont déterminées par les conditions atmosphériques. La répartition mondiale des retombées troposphériques, qui dépend surtout des endroits où les expériences sont organisées, est en gros analogue à celle de la retombée stratosphérique. Les doses provenant de la retombée troposphérique varieront donc vraisemblablement en fonction de la situation géographique à peu près de la même manière que celles qui proviennent des retombées stratosphériques.

Sources externes.

57. Selon les observations, les matières provenant de la troposphère y ont séjourné pendant deux à quatre semaines en moyenne bien qu'elles se déposent d'une manière intermittente au cours de l'année, un dépôt d'isotopes à courte période se forme et subsiste. Les valeurs rapportées indiquent que la radioactivité de courte période se maintiendrait entre 50 et 200 mc/km^2 environ. Si l'on retient le facteur 10 pour l'influence de la protection et des agents atmosphériques, on obtient des doses-gonades annuelles et des doses-

moelle osseuse moyennes de l'ordre de 0,25 à 1 mrem. Dans le v
sinage des lieux d'expérience, et même à des distances de plusie
milliers de kilomètres, des niveaux du même ordre que celui de
radioactivité naturelle ambiante (2 mrems par semaine) ont été
pendant observés pendant quelques jours après les expériences.

Sources internes.

58. Il a été signalé que la concentration des produits de fiss
dans l'air, au niveau du sol, était de 10^{-15} c/l environ au cours
l'année 1957. En supposant que ces substances aient la même co
position que la retombée, on peut calculer que les doses annuel
résultant de l'inhalation sont de l'ordre de 0,1 mrem au plus
l'exception de la dose-thyroïde qui est de 0,6 mrem environ. Si
substances en question sont insolubles, on peut s'attendre que
poumons absorbent une dose annuelle de 1,5 mrem environ.

59. Des contributions provenant d'isotopes à courte péri
peuvent être fournies par l'intermédiaire de la chaîne alimenta
lorsque les denrées n'ont pas été longuement stockées. Le stock
des produits alimentaires réduit l'activité des isotopes à courte
riode, de sorte qu'il est extrêmement difficile, sinon impossible d
diquer des doses annuelles moyennes valables pour le monde en
dans le cas des radio-isotopes d'origine troposphérique.

60. On a indiqué que les rapports d'activité strontium
strontium 90 dans le lait varient entre 1 et 25 (Canada, Etats-U
Norvège, Royaume-Uni), les valeurs relevées dépendant surtout
la façon dont les vaches étaient élevées (en pâturage ou non).
strontium 89 peut ainsi être à l'origine d'une dose aux ostéocy
allant de 1 à 20 pour 100 de la dose provenant du strontium 90.
baryum 140, dans les quantités correspondant à la durée moye
du séjour troposphérique de la retombée (2 à 4 semaines), contri
à la dose totale dans une proportion qui n'atteint pas 10 pour 100
valeurs relevées pour le strontium 89.

61. Il est intéressant de mesurer les quantités d'iode 131
raison de la concentration sélective de cet isotope dans la thyr
des humains et des animaux. Cependant, il n'est pas possible
donner des chiffres représentatifs pour la dose-thyroïde. Aux Et
Unis, les mesures relatives à la période 1955-1956 montrent qu
l'on néglige les environs immédiats des lieux d'expérience, la d
thyroïde moyenne s'établit à environ 5 mrems par an pour les ê

nains. Les doses reçues par les gonades et autres tissus mous en venance de l'iode 131 sont négligeables.

62. Les contributions des isotopes de courte période dépendent débit de la retombée. Lorsque le dépôt constitue le facteur do- nant, comme ce sera le cas avec le strontium 90 pour lequel un uilibre s'établira finalement si les expériences continuent, les con- utions des isotopes de courte période sont négligeables.

ses qui proviendront dans l'avenir de la retombée stratosphérique.

63. Pour prévoir les taux futurs de la retombée stratosphérique, faudrait posséder des renseignements sur les processus qui condi- nnent l'introduction de radio-isotopes à longue période dans la atosphère et sur tous les faits qui interviennent entre cette péné- tion et l'apparition des substances radioactives sur le sol, sous me de retombée. Les renseignements dont on dispose actuelle- nt ne permettent guère qu'une extrapolation à court terme.

64. L'extrapolation sur une courte période est cependant insuf- ante pour évaluer les risques biologiques liés à la retombée stra- phérique. Pour une évaluation des effets biologiques, il faut re porter les calculs sur des périodes bien plus longues que les riodes considérées jusqu'ici et l'on doit formuler un grand nombre ypothèses arbitraires. Il en résulte que les estimations présen- s peuvent prêter à discussion; en outre, il est extrêmement diffi- e de donner la moindre indication quant aux marges d'erreurs. prévision de l'importance de la retombée, dans certaines condi- ns hypothétiques, est examinée en détail dans l'annexe D.

65. Le tableau IV donne les doses, pour des périodes de 30 et 70 ans, calculées à partir de valeurs extrapolées de la retombée atosphérique et du dépôt, dans des cas hypothétiques. Les chiffres tableau comprennent une estimation de l'irradiation d'origine ex- ne provenant du dépôt formé par la retombée stratosphérique. mpte tenu de la protection fournie par les bâtiments et des effets s agents atmosphériques sur le dépôt, on peut estimer que l'irra- tion externe provenant de la retombée stratosphérique contribuera ur 20 à 40 pour 100 environ à la dose-gonade.

66. Il convient de souligner que les doses imputables à la re- nbée stratosphérique sont calculées d'après des moyennes mon- les — pondérées par la population — du débit de la retombée de l'importance du dépôt. Par conséquent, on peut s'attendre

TABLEAU IV. — ESTIMATIONS DES DOSES PROVENANT DE LA RETOMBÉE STRATOSPHÉRIQUE [a]

(calculées d'après les moyennes mondiales, pondérées par la population, du débit de la retombée stratosphérique et de l'importance du dépôt [b])

	Dose significative du point de vue génétique: Maximum pour toute période de 30 ans (rems) DUS	*Dose-moelle osseuse moyenne par individu: Maximum pour toute période de 70 ans (rems)* DUS	
		Estimation pour les pays où la majeure partie du calcium ingéré provient du lait [c]	*Estimation pour les pays où la majeure partie du calcium ingéré provient du riz [c]*
Les essais d'armes nucléaires cessent à la fin de 1958	0,010	0,16	0,96
	Hypothèse a [d] *Hypothèse b* [d]	*Hypothèse a* [d] *Hypothèse b* [d]	*Hypothèse a* [d] *Hypothèse b* [d]
Les essais d'armes nucléaires se poursuivent jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint, dans une centaine d'années	0,045 0,10	1,3 2,8	7,5 17

	Doses estimées en pourcentage des doses maximums imputables à des essais nucléaires ininterrompus			
	Hypothèse a [d]	*Hypothèse b* [d]	*Hypothèse a* [d]	*Hypothèse b* [d]
Les essais d'armes nucléaires cessent:				
En 1958	22	10	13	6
En 1968	45	33	24	16
En 1978	63	55	34	26
En 1988	72	62	42	35
Les essais d'armes nucléaires se poursuivent	100	100	100	100

[a] Les méthodes utilisées pour le calcul de ces doses sont exposées aux paragraphes 91 à 126 de l'annexe D.

[b] Les valeurs régionales peuvent varier approximativement du cinquième au double des moyennes mondiales estimées (pondérées par la population) en raison des variations du débit de la retombée et de l'importance du dépôt suivant la latitude. Dans certaines régions du monde, la retombée troposphérique peut avoir pour effet d'élever la limite supérieure, en particulier au voisinage des lieux d'expérience.

régime alimentaire et pour celles qui vivent dans des régions où les caractéristiques des sols sont différentes.

[d] Hypothèse *a*: le rythme d'apport est tel que le débit de la retombée de strontium 90 et de césium 137 reste constant; hypothèse *b*: des essais d'armes libérant et envoyant dans la stratosphère la même quantité de produits de fission que toute la série d'essais qui a eu lieu du début de 1954 à la fin de 1958 seront répétés à un rythme constant. Dans cette deuxième hypothèse, la valeur d'équilibre du débit de la retombée et de l'importance du dépôt sera approximativement deux fois plus

e, dans certaines régions, les doses réelles varient du cinquième
double de la moyenne mondiale, l'influence de la latitude étant
épondérante. En certains points du globe, la retombée troposphé-
ique peut avoir pour effet d'étendre vers le haut cette gamme de
leurs, notamment au voisinage des lieux d'expérience.

67. Pour le calcul de ce que seront dans l'avenir le débit de
retombée et l'importance du dépôt, on est parti de deux hypo-
èses : *a*) le débit de la retombée de strontium 90 conservera la
ême valeur que pendant les quatre dernières années; *b*) le rythme
apport de strontium 90 dans la stratosphère conservera une valeur
gale à la valeur moyenne des années 1954 à 1958 inclusivement.
ans cette deuxième hypothèse, la valeur d'équilibre du débit de la
tombée et du dépôt est à peu près deux fois plus élevée que dans
première hypothèse.

68. On a estimé que le césium 137 absorbé par l'organisme
umain constituait la principale source des radiations auxquelles sont
xposées les gonades, et l'on a admis en principe que la charge de
ésium 137 chez l'homme ne dépend que du débit de la retombée.
n a trouvé que la quantité de césium 137 absorbée par l'organisme
our un certain débit de retombée peut varier du simple au double
elon le régime alimentaire du sujet.

69. Pour calculer les doses-moelle osseuse, on a utilisé cer-
ines relations entre la teneur des os en strontium 90 et l'impor-
nce du dépôt accumulé. Ces relations, qui sont étudiées en détail
ans l'annexe D du présent rapport, dépendent des caractéristiques
u sol et des habitudes alimentaires dans les régions considérées.
es données relatives aux caractéristiques du sol et au régime ali-
entaire qui ont été utilisées dans les calculs, pour les deux prin-
pales sources de calcium mentionnées dans le tableau — à savoir
lait et le riz — proviennent des Etats-Unis, du Royaume-Uni et
u Japon. En réalité, les populations ne se nourrissent pas exclusi-
ement de lait ou de riz et il ne faut pas voir dans ces calculs autre
hose que des approximations. D'importantes variations locales sont
galement possibles: ainsi, les données concernant le Japon admet-
nt un facteur de variation de l'ordre de 3, en raison des diffé-
ences dans les caractéristiques du sol. Appliquer ces chiffres à d'au-
es pays où le régime alimentaire est apparemment analogue com-
orte aussi une grande marge d'incertitude.

Déchets radioactifs.

70. Une autre cause de contamination du milieu réside d l'évacuation des déchets radioactifs provenant des usines atomiqu Les problèmes qui se posent dans ce cas sont ceux de l'éliminat finale des produits de fission provenant du combustible utilisé, déchets peu radioactifs provenant du fonctionnement normal piles et des usines de traitement chimique, enfin des risques d'a dent. Le Comité n'a pas étudié en détail les aspects techniques ces problèmes, mais il ressort clairement des renseignements à sa disposition que, pour le moment, la population dans son semble ne court aucun risque de ce côté. Le Comité se rend com que ces problèmes pourraient prendre de l'importance à l'avenir considère que la question de l'évacuation des déchets radioactifs faire l'objet de mesures coordonnées par voie d'accord inter tional.

NOTES DU TABLEAU CI-CONTRE

a. Pour les pays où les sources de rayonnement envisagées sont gement utilisées et qui ont communiqué des données au Comité.

b. Ces doses ne valent que pour certains pays technologiquem très développés.

c. Les valeurs régionales peuvent varier approximativement du quième au double des moyennes mondiales estimées, en raison des riations du débit de la retombée et de l'importance du dépôt suiv la latitude. Dans certaines régions du monde, la retombée troposphéri peut avoir pour effet d'élever la limite supérieure, en particulier voisinage des lieux d'expérience.

d. D'après les moyennes mondiales — pondérées par la populatio du débit de la retombée stratosphérique et de l'importance du dépôt

e. On a indiqué au paragraphe 69 dans quelle mesure ces estimat sont valables pour les populations n'ayant pas le même régime alim taire et pour celles qui vivent dans des régions où les caractéristi des sols sont différentes.

f. Hypothèse *a :* le rythme d'apport est tel que le débit de la reton de strontium 90 et de césium 137 reste constant; hypothèse *b :* des es d'armes libérant et envoyant dans la stratosphère la même quantité produits de fission que toute la série d'essais qui a eu lieu du débu 1954 à la fin de 1958 seront répétés à un rythme constant. Dans deuxième hypothèse, la valeur d'équilibre du débit de la retombée e l'importance du dépôt sera approximativement deux fois plus élevée celle que l'on obtient en partant de la première hypothèse.

g. Les valeurs des doses pour une période de 30 ans ont été corri pour tenir compte de la retombée troposphérique comme il est dit paragraphe 57, la valeur retenue pour la période des essais étant de mrem par an.

TABLEAU V. — ESTIMATIONS DES DOSES IMPUTABLES À DIFFÉRENTES SOURCES RADIO-ACTIVES
(d'après des moyennes mondiales)

Sources	*Dose significative du point de vue génétique: Maximum pour toute période de 30 ans (rems)* D115		*Dose-moelle osseuse moyenne par individu: Maximum pour toute période de 70 ans (rems)* D112			
Sources naturelles	3		7			
Sources artificielles (à l'exception de la contamination du milieu et de l'irradiation d'origine professionnelle) [a]	0,5–5		Peut dépasser 7			
Irradiation d'origine professionnelle [b]	Moins de 0,06		0,1–0,2			
Contamination du milieu (cas hypothétiques) [c, d]:			*Estimations pour les pays où la majeure partie du calcium ingéré provient du lait* [e]		*Estimations pour les pays où la majeure partie du calcium ingéré provient du riz* [e]	
Les essais d'armes nucléaires cessent à la fin de 1958	0,010		0,16		0,96	
	Hypothèse a [f]	*Hypothèse b* [f]	*Hypothèse a* [f]	*Hypothèse b* [f]	*Hypothèse a* [f]	*Hypothèse b* [f]
Les essais d'armes se poursuivent jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint, dans une centaine d'années [g]	0,060	0,12	1,3	2,8	7,5	17

	Doses estimées en pourcentage des doses maximums imputables à des essais nucléaires ininterrompus			
	Hypothèse a [f]	*Hypothèse b* [f]	*Hypothèse a* [f]	*Hypothèse b* [f]
Les essais d'armes nucléaires cessent:				
En 1958	17	9	13	6
En 1968	42	33	24	16
En 1978	64	56	34	26
En 1988	79	67	42	35
Les essais d'armes nucléaires se poursuivent	100	100	100	100

VII. — Résumé et conclusions

71. Les diverses sources de radiations auxquelles l'humar est exposée comprennent les sources naturelles, l'utilisation rayonnements à des fins médicales et industrielles ou pour la cherche, la contamination du milieu due aux explosions nucléai et à l'évacuation des déchets radioactifs des usines atomiques, er diverses sources telles que les cadrans lumineux des montres, récepteurs de télévision et les appareils de radioscopie utilisés p l'essayage des chaussures. L'utilisation des rayonnements à des médicales et industrielles ou pour la recherche ne touche qu'u fraction de la population, tandis que les radiations provenant sources naturelles et de la contamination du milieu exposent l' semble de la population à un niveau d'irradiation plus ou mo uniforme. Les doses moyennes que la population reçoit de tou ces sources sont cependant significatives lorsqu'il s'agit des eff génétiques et peut-être même de certains effets somatiques.

72. Les données relatives à l'irradiation provenant de ces so ces sont résumées dans le tableau V, qui donne la dose significat du point de vue génétique et de la dose-moelle osseuse moyenne individu. La dose significative du point de vue génétique a calculée pour une période de 30 ans, et la dose-moelle osseuse p une période de 70 ans. Les chiffres se rapportent respectivemen la charge génétique et à l'induction éventuelle de leucémies. contribution de l'irradiation d'origine professionnelle est à l'he actuelle faible en comparaison de celle des autres sources de ray nement. Bien que l'utilisation future des piles atomiques doive traîner la production de quantités considérables de matières ra actives, l'irradiation imputable à cette source est à présent né geable, et il serait possible de la maintenir à l'avenir à un niv très bas en utilisant des techniques appropriées.

73. On a formulé dans les paragraphes qui suivent des obser tions sur chacune des sections du tableau V, ainsi que certaines rés ves sur la valeur pratique des divers chiffres fournis. On a égalem donné, sous les rubriques appropriées, des indications concernant domaines vers lesquels il serait bon d'orienter les recherches futur

ources naturelles.

74. L'irradiation de la population humaine du fait des sources aturelles est assez uniforme sur toute la surface du globe. Un hiffre représentatif est donné dans le tableau. Il y a toutefois, dans lusieurs pays, des régions où les doses dépassent de beaucoup celles ui sont indiquées dans le tableau. Des renseignements plus com-lets sont nécessaires en ce qui concerne les variations locales ex-eptionnellement importantes de l'irradiation provenant de sources aturelles. Ces renseignements ne peuvent avoir une utilité pour les echerches radiobiologiques que si l'on dispose de renseignements dé-nographiques sérieux sur la population des régions en question.

Sources artificielles (à l'exception de la contamination du milieu).

75. Les doses indiquées dans le tableau sous la rubrique Sources artificielles » représentent principalement les radiations ues à l'utilisation des rayons X pour l'établissement de diagnostics nédicaux. Ces chiffres, qui comportent une grande marge d'incerti-ude, valent pour les pays où le radiodiagnostic est maintenant large-nent utilisé; dans ces pays, l'accroissement de l'utilisation de ces néthodes sera peut-être largement compensé par une amélioration es techniques d'examen. Ces chiffres ne sont pas actuellement re-résentatifs pour de nombreux pays qui disposent de moyens médi-aux moins importants, mais on peut s'attendre que l'utilisation des ayons X s'y développera beaucoup dans les décennies à venir. L'uti-sation des rayons X pour l'établissement du diagnostic est indis-ensable en médecine, et, de ce fait, l'humanité sera nécessairement xposée de manière incessante à des radiations provenant de cette ource.

76. Outre l'établissement du diagnostic au moyen des rayons X, la radiothérapie et l'utilisation médicale des radio-isotopes contri-uent à accroître les doses reçues par la population dans certains ays qui disposent de moyens médicaux importants. La dose par ndividu reçue du fait de la radiothérapie peut atteindre 20 pour 100 e celle qui est imputable au radiodiagnostic. Toutefois, l'importance e la contribution de la radiothérapie dépend de l'espérance de vie es malades traités. La dose significative du point de vue génétique ui résulte de l'utilisation médicale des radio-isotopes représente noins de 1 pour 100 de celle qui est due au radiodiagnostic.

77. Etant donné que les pratiques médicales varient beauco non seulement d'un pays à un autre mais encore, à l'intérieur d' même pays, d'un hôpital à un autre, il est très difficile de dire qu'elles sont d'une façon générale pour une population donnée. groupe d'étude CIPR/CIUMR a formulé des recommandations qua aux méthodes d'échantillonnage à employer pour évaluer la do significative du point de vue génétique.

78. Il est probable que la dose actuellement délivrée au cou d'un examen pour diagnostic pourrait être réduite d'une manièr considérable, sans altérer l'efficacité des techniques radiologiqu de diagnostic, si l'on adoptait des méthodes comme celles qui o été recommandées par la Commission internationale de protecti contre les radiations. Il se peut également que l'amélioration tec nique de l'équipement radiologique et la mise au point de dispositi auxiliaires aient pour effet de réduire la dose par examen, à con tion que leur emploi n'entraîne pas une multiplication des examen

79. On pourrait encore réduire les doses moyennant une étud par le corps médical, des circonstances dans lesquelles le diagnos par les rayons X est nécessaire. Cette étude serait facilitée si l' possédait des données statistiques sur l'importance que présen chaque type d'examen dans la réduction de l'incidence d'une malad déterminée. Il serait fort possible d'améliorer, sur le plan admin tratif, la coordination entre les autorités qui exigent que soient fa périodiquement certains examens pour contrôler l'état de santé la population ou de groupes particuliers, comme les écoliers, étudiants, les employés, etc.

80. Si la discussion qui précède porte en grande partie sur doses reçues par l'ensemble de la population, il convient de no que chaque individu risque de recevoir des doses élevées au cou d'un radiodiagnostic particulier, surtout si les techniques utilisé laissent à désirer.

81. Bien que l'irradiation d'origine professionnelle soit l'heure actuelle peu importante lorsqu'on la rapporte à l'ensem de la population, les doses reçues par certaines personnes peuv soulever des problèmes particuliers, et il conviendrait de les évalu grâce à des techniques complémentaires de contrôle des installati et des individus exposés aux radiations.

82. La contribution d'un certain nombre de sources de rayo nement comme les cadrans lumineux des montres, les appare de télévision, les appareils radioscopiques utilisés pour l'essaya

s chaussures, est de l'ordre de 1 pour 100 de l'irradiation totale e aux sources artificielles.

ontamination du milieu.

83. Le Comité a reçu une abondante documentation sur les ncentrations de strontium 90 et de césium 137 dans le sol, les égétaux, les produits alimentaires destinés aux animaux et à homme, ainsi que chez les êtres humains. Il y a toutefois de nomreux pays pour lesquels on manque de renseignements. Si les onnées obtenues jusqu'à présent ne sont pas suffisamment complètes our que l'on puisse dresser un tableau général de la situation monale, elles permettent cependant de tirer des conclusions utiles.

84. L'importance de l'irradiation par le strontium 90 et le ésium 137 varie selon l'emplacement géographique. En outre, 'autres facteurs tels que les caractères de l'agriculture et les méiodes agricoles — en particulier les méthodes d'exploitation des ols et des ressources en eau — le mode de vie et les habitudes limentaires, ainsi que la technologie alimentaire, influent sur le iveau atteint par ces isotopes chez l'homme. A cause de ces divers acteurs, il faut être prudent lorsqu'on veut utiliser les données elatives à une région pour estimer la contamination des produits limentaires dans une autre région.

85. Il n'y a à présent aucune méthode pratique permettant 'empêcher ces radio-isotopes de pénétrer dans le corps humain une ois qu'ils ont été libérés dans le milieu.

86. Le procédé de calcul des doses provenant de la contamiation du milieu exposé dans l'annexe D du présent rapport peut onner des renseignements précieux pour le proche avenir, mais es doses indiquées dans les tableaux IV et V du présent chapitre, our des périodes de 30 ans et de 70 ans, ont été calculées par extraolation sur une période si étendue qu'il faut les considérer comme onjecturales. Les chiffres du tableau sont des moyennes pour le onde entier, pondérées par la population. Dans les pays situés entre 30° et le 50° parallèle de latitude N., les niveaux sont presque eux fois plus élevés que la moyenne mondiale pondérée par la opulation, tandis que, pour les pays de l'hémisphère sud et ceux e la zone intertropicale, les doses sont plus faibles.

87. Il faudrait des renseignements précis sur la répartition, elon l'altitude et la latitude, des produits de fission se trouvant dans

la stratosphère et sur le rythme d'apport de ces produits pour r
duire l'incertitude que comporte la prévision des doses qui provie
dront de la retombée dans l'avenir. On arriverait à mieux connaît
les phénomènes de la retombée si les nations coordonnaient leu
programmes d'échantillonnage et de mesure et échangeaient d
renseignements sur les méthodes utilisées et les résultats obtenu
Il conviendrait de coordonner les opérations d'échantillonnage biol
gique avec celles qui portent sur la retombée.

88. Pour interpréter les renseignements fournis par l'échanti
lonnage biologique, il est important de prendre en considération l
données relatives aux caractéristiques des sols et aux techniqu
agricoles, telles que l'utilisation des engrais, la profondeur des l
bours et aussi la technologie alimentaire. Les habitudes alimentair
de la population d'une région donnée devraient déterminer la natu
et l'étendue du programme d'échantillonnage.

89. Le Comité a commencé d'étudier, en coopération av
l'UNESCO, la FAO et l'OMS, les risques de contamination du m
lieu qui pourraient résulter de l'élimination des déchets radioacti
des usines atomiques, et il considère que cette question devrait fai
l'objet de mesures coordonnées par voie d'accord international.

RESUME ET CONCLUSIONS

1. Pour évaluer les risques auxquels les radiations ionisantes peuvent exposer l'être humain, il faut évidemment connaître les niveaux d'irradiation auxquels l'homme et son milieu sont exposés par les rayonnements de diverses sources ainsi que leurs effets probables, présents et à venir. Il est essentiel, notamment, d'évaluer les effets de la retombée radioactive provenant des armes nucléaires, étant donné que cette source de contamination générale du milieu ambiant est d'origine récente, que l'on ne sait rien de certain sur son importance, et qu'elle préoccupe un grand nombre de personnes. Cependant, pour arriver à déterminer ce qu'est la situation dans son ensemble, il faudra étudier toutes les sources d'irradiation.

2. Le Comité, conscient de la complexité de sa tâche, sait que les renseignements dont on dispose actuellement sur les niveaux d'irradiation et sur les effets des radiations ne permettent pas une évaluation exacte de tous les risques et que de nombreuses évaluations auront fatalement un caractère approximatif ou provisoire.

3. Les caractéristiques physiques des radiations ionisantes et les doses auxquelles les êtres humains sont exposés sont mieux connues à l'heure actuelle que leurs effets biologiques, en particulier lorsqu'il s'agit de doses et de doses-périodes peu importantes. Aussi étudierons-nous d'abord, dans le présent chapitre, les doses de radiations reçues par l'homme — individus et populations entières — en considérant à la fois les niveaux actuels d'irradiation et ceux qui pourraient être atteints dans l'avenir. Nous essaierons ensuite d'évaluer les effets biologiques de doses variables de radiations de diverses natures ainsi que les dangers que représentent certaines sources de rayonnements particulièrement importantes.

4. Les données physiques recueillies se rapportent à la pop lation mondiale dans son ensemble et aussi aux individus et a groupes qui sont exposés à des doses relativement plus fortes raison de leur profession ou de leur résidence. Ces irradiations pe vent atteindre uniformément soit l'organisme tout entier, soit pl particulièrement certains organes ou tissus, lorsque par exemp une substance radioactive a tendance à s'y concentrer sélectivemen

5. Les tissus de l'embryon, des os, de la moelle osseuse et d gonades ont une importance particulière. L'irradiation de l'embry (et du fœtus) peut provoquer des anomalies du développement entraîner sa mort. L'irradiation de la moelle et des os peut êt une cause de leucémie et de tumeurs osseuses et ces tissus sont e posés plus que les autres à l'irradiation par des radioéléments te que le strontium 90 et le radium qui se fixent dans les os. L'irr diation des gonades peut provoquer des modifications du matériel h réditaire qui peuvent se transmettre aux générations suivantes l'irradiation a lieu avant ou pendant la période de reproduction.

6. Comme c'est le cas pour toute étude scientifique, les concl sions du présent rapport devront être revisées en fonction des pr grès de nos connaissances; le Comité espère que le rapport lu même, après avoir été soumis à l'Assemblée générale, contribue à ces progrès en stimulant la discussion critique entre les homm de science. Etant donné qu'il s'agit d'une question complexe, tou phrase ou affirmation isolée risque d'être mal interprétée si on la relie pas au contexte général du rapport.

I. — Intensités d'irradiation

7. Le tableau I [2] résume nos estimations des doses moyenn d'irradiation auxquelles les populations risquent d'être exposées pe dant des périodes déterminées et permet d'établir une comparais entre les doses fournies par les sources naturelles et les sourc artificielles. La méthode de calcul est exposée au chapitre III, l périodes de 30 et 70 ans étant retenues respectivement pour l altérations génétiques transmissibles et pour les dommages somatiqu

2. Ce tableau étant la reproduction de celui qui figure page 33 so le titre de tableau V du chapitre précédent, le lecteur se reportera à ce d nier (*N.d.l.R.*).

urvenant pendant la vie d'un individu. Les évaluations relatives ux examens médicaux et aux irradiations d'origine professionnelle eposent sur la situation existant dans certains pays avancés et non ur des prévisions mondiales dont on aurait fait la moyenne. Les aleurs indiquées pour diverses circonstances hypothétiques futures e sont pas des prédictions mais résultent de calculs fondés sur les ypothèses examinées au chapitre III, les chiffres et ordres de gran-leur comportant tous les éléments d'incertitude mentionnés dans ce hapitre.

rradiation provenant de sources naturelles.

8. L'irradiation de l'homme par les sources naturelles varie quelque peu selon le lieu, en fonction de la radioactivité locale de la croûte terrestre. On ne connaît que quelques régions habitées où celle-ci soit 10 fois supérieure à la moyenne; l'étude des populations qui y vivent est du plus haut intérêt si l'on veut arriver à mieux connaître les effets des faibles doses d'irradiation. La contribution des rayons cosmiques varie selon l'altitude et la latitude géomagnétique. Celle du potassium et du carbone radioactifs normalement présents dans l'organisme est à peu près la même dans toutes les populations mais l'irradiation due au radium et au thorium, ainsi qu'à leurs produits de désintégration, varie considérablement. La radioactivité des matériaux de construction utilisés dans certains types d'habitation peut accroître notablement l'irradiation des personnes qui y sont installées. Les variations d'intensité de l'irradiation d'origine naturelle ont été examinées au chapitre III; l'amplitude de ces variations et le niveau moyen des rayonnements permettent de faire des comparaisons utiles avec les irradiations d'origine artificielle. Les effets nocifs des radiations naturelles ne sont pas connus avec certitude, mais il semble qu'il faille leur attribuer certains dommages génétiques et peut-être somatiques.

rradiation due aux utilisations médicales des rayonnements.

9. Il est utile d'évaluer cette irradiation, convenablement rapportée à l'ensemble de la population, puisque ses effets génétiques et peut-être certains de ses effets somatiques dépendront des valeurs moyennes ainsi calculées. Dans les pays où les services médicaux sont très développés et où l'on a évalué l'importance de l'irradiation

due aux utilisations médicales, celle-ci constitue l'apport artificiel l plus important à la dose reçue par la population dans son ensembl mais on ne dispose d'aucune donnée pour les pays où la techniqu médicale est moins avancée. Les chiffres indiqués pour la dose signi ficative du point de vue génétique sont du même ordre de grandeu que la dose imputable aux sources naturelles. Parmi les irradiation d'origine médicale, celles qui relèvent du radiodiagnostic dépasser considérablement celles qu'ont peut imputer à la radiothérapie et au utilisations des radio-isotopes, celles-ci ne jouant qu'un faible rôle 80 à 90 pour 100 de la dose totale absorbée par les gonades à l'oc casion d'un radiodiagnostic sont dus à un nombre relativement res treint de types d'examen de l'abdomen et du bassin.

10. La plupart de ces valeurs sont des évaluations provisoire et il est nécessaire de procéder à des études plus approfondies qu pourront être faites suivant les méthodes indiquées par la Com mission internationale de protection contre les radiations et par la Com mission internationale des unités et mesures radiologiques dans u rapport préparé à la demande du Comité et qui lui a été soumis sou la cote A/AC.82/G/R/117.

11. La dose significative reçue par le squelette et la moell osseuse du fait des utilisations médicales a été étudiée avec moin de précision que la dose significative du point de vue génétique, bie qu'elle puisse avoir une certaine importance s'il existe une possi bilité d'induction de tumeurs osseuses ou de leucémies par les faible doses. L'exposition de la moelle varie beaucoup d'un individu à l'au tre mais il est peu probable que la valeur de l'irradiation moyenn soit très différente de la dose reçue par la moelle osseuse en pro venance de toutes les sources naturelles.

12. La part de l'irradiation d'origine médicale dans l'irradia tion des populations n'a été évaluée que récemment et, dans cer tains pays, elle a augmenté très rapidement ces dernières année de sorte qu'il est difficile d'apprécier les effets génétiques et soma tiques qui sont liés au développement des méthodes radiologiques e médecine. On ne dispose à l'heure actuelle d'aucun renseignemer qui permette de prévoir ce que sera dans l'avenir l'irradiation d'or gine médicale. On espère que l'amélioration de l'équipement et de techniques pourra réduire considérablement les doses absorbées pa chaque individu intéressé mais l'usage de plus en plus répandu de rayons X augmentera probablement la dose reçue par la populatio mondiale. Des précautions du type de celles qu'ont indiquées Commission internationale de protection contre les radiations et

Commission internationale des unités et mesures radiologiques devraient permettre de réduire l'irradiation sans nuire à la valeur médicale des méthodes radiologiques.

Irradiation d'origine professionnelle.

13. A l'heure actuelle, l'exposition aux radiations ionisantes d'origine professionnelle ne contribue que pour une faible part à l'irradiation totale de la population dans son ensemble, et représente environ 2 pour 100 de l'irradiation d'origine naturelle dans les pays où l'irradiation d'origine professionnelle est probablement la plus importante. A mesure que se généralisera l'usage des piles atomiques, des substances radioactives et, probablement, des méthodes radiologiques en médecine et dans l'industrie, il faudra de toute évidence revoir ce chiffre. Il ne semble pas que cette source de rayonnement doive apporter une contribution importante à l'irradiation totale des populations dans un avenir proche, mais, chez certains individus, l'irradiation d'origine professionnelle peut représenter une grande partie de l'irradiation totale.

14. Depuis 1928, la Commission internationale de protection contre les radiations a recommandé « des doses maximums admissibles » pour les personnes professionnellement exposées à l'irradiation, et elle a proposé des méthodes de mesure appropriées. Ses dernières recommandations, qui ont été récemment revisées pour tenir compte des progrès des connaissances radiobiologiques et qui comportent une certaine réduction des doses antérieurement admises, peuvent n'être pas définitives, mais elles sont aujourd'hui généralement considérées comme constituant une base sûre pour la protection des personnes professionnellement exposées aux radiations ionisantes.

Déchets radioactifs.

15. L'évacuation des déchets radioactifs dans les pays où il existe des piles atomiques n'a pas provoqué d'irradiation appréciable des populations; d'ailleurs l'évacuation ne s'impose que pour une petite fraction des déchets. Toutefois, étant donné que l'usage de ces piles se développera probablement et que des accidents pourraient libérer des produits de fission, il faut évidemment garder la question à l'étude. Il importe que l'on continue activement de re-

chercher les moyens de réduire la contamination du milieu qui pou rait résulter de l'évacuation des déchets radioactifs.

Irradiation provenant de la retombée.

16. La retombée qui fait suite aux essais d'armes nucléaire crée, de plusieurs manières, des dangers d'irradiation pour la po pulation mondiale (chap. III). Ces dangers résultent de la retombé lente des produits de fission projetés dans la stratosphère. Ils peu vent résulter aussi des retombées provenant de nuages radioactif qui se déplacent dans la troposphère sans avoir atteint la strato sphère et de la retombée qui peut se produire au voisinage de lieux où l'on procède à des essais d'armes nucléaires, ou à quelque milliers de kilomètres de là.

17. Nous avons également considéré comment l'irradiation du à la retombée se distribue entre les différentes parties du corps, entr les individus selon le régime alimentaire, les conditions de l'agr culture et l'âge, et comment les doses absorbées peuvent varier e fonction du rythme constant ou variable de projection de substance radioactives dans la stratosphère.

Retombée à proximité des lieux où s'effectuent des essais nucléaires

18. Les premières retombées de matières radioactives, près d lieu d'une explosion nucléaire, dépendent des conditions météorolo giques et des conditions dans lesquelles se font les essais; elles peu vent avoir pour effet d'exposer à des irradiations intenses les ind vidus qui se trouvent dans ces régions. La densité de l'irradiatio provoquée varie considérablement avec l'arme qui fait l'objet d l'essai, avec la hauteur d'explosion, avec l'éloignement du lieu d l'explosion, avec la direction des vents aux diverses altitudes e éventuellement, avec les probabilités d'une chute de pluie traversa les zones de radioactivité atmosphérique dans les premières heure qui suivent l'essai. C'est pourquoi il n'est généralement pas poss ble à l'heure actuelle de calculer ces doses. Dans des conditions trè particulières, on a signalé une forte irradiation et des effets nocif comme dans le cas des habitants des îles Marshall et de l'équipag d'un bateau de pêche japonais. On n'a pas de renseignements suff sants sur les conditions générales dans lesquelles ces dépôts locau risquent de se produire ni sur l'étendue et la durée probable de irradiations.

Retombée troposphérique.

19. Les matières radioactives disséminées dans l'atmosphère à une altitude inférieure à la tropopause (environ 14 km) sont ramenées progressivement sur la surface terrestre par les chutes de pluie et la sédimentation. Le processus dure quelques mois pendant lesquels les matières radioactives font plusieurs fois le tour du globe. Cette retombée troposphérique consiste en un mélange de matières radioactives qui sont pour la plupart des isotopes à courte période. A l'heure actuelle, la retombée troposphérique se dépose de façon intermittente pendant l'année et il se constitue de façon permanente un dépôt de substances radioactives à courte période. Si l'on introduit les coefficients appropriés pour tenir compte de la protection par blindage et de l'influence des agents atmosphériques, on peut évaluer à 0,5 mrem par an environ la dose-gonade et la dose-moelle osseuse moyenne dues à ce dépôt en tant que source d'irradiation externe.

20. Un accroissement passager des doses fournies par la retombée troposphérique a été observé dans certaines zones limitées peu après les essais d'armes nucléaires. Ces accroissements passagers peuvent donner lieu, pendant quelques jours, à une irradiation du même ordre de grandeur que celle qui provient des sources naturelles.

21. Les radio-isotopes de la retombée troposphérique peuvent pénétrer dans l'organisme par inhalation ou ingestion. Puisque ceux qui retiennent principalement notre attention sont à courte période, le fait de ne pas consommer immédiatement les produits alimentaires contaminés réduit la dose distribuée. Pour l'ensemble de la population, la dose-gonade due à l'inhalation et à l'ingestion de matières troposphériques est négligeable si on la compare au rôle joué par ces matières en tant que sources externes. La dose moyenne reçue par la moelle osseuse en provenance de sources internes est d'environ 0,2 mrem par an.

22. On a constaté pendant des périodes de plusieurs semaines ou de quelques mois après des essais d'armes nucléaires un accroissement de radioactivité dans la glande thyroïde. La dose due à l'iode 131 absorbée par la thyroïde humaine a été estimée à environ 5 mrems par an pour la période 1955-1956, aux Etats-Unis, abstraction faite du voisinage immédiat des lieux d'essai des armes

nucléaires. Il est peu probable que des doses de cet ordre provoquer dans la glande des dommages ou des modifications fonctionnell décelables.

23. L'irradiation des os peut provenir de la fixation de produi de fission intermédiaires et de courte période. Bien que ces matière ne provoquent pas d'irradiations prolongées elles peuvent se cor centrer sélectivement dans les parties de l'os en état de croissanc active et provoquer ainsi localement une irradiation plus intense qu si ces mêmes quantités de substances radioactives étaient distribuée uniformément dans tout le squelette.

24. Le Comité ne dispose pas de renseignements suffisants su les variations locales et les accroissements temporaires de la retom bée troposphérique dans les régions habitées, à des distances va riables des lieux où sont essayées les armes nucléaires, et il sou ligne l'absence de données plus complètes qui permettraient d'évalue l'importance biologique de cette source de contamination du milieu

Retombée mondiale d'origine stratosphérique.

25. Les matières radioactives projetées dans la stratosphèr notamment par les explosions nucléaires de grande puissance constituent une réserve d'où elles retombent sur l'ensemble de l surface terrestre pendant de nombreuses années. Le débit de l retombée varie avec la latitude : il est plus élevé dans l'hémisphèr nord, où la plupart des essais sont effectués. Dans une aire restrein donnée, le débit de la retombée peut également varier avec les co ditions météorologiques locales. Les chiffres donnés au tableau sont calculés d'après les dépôts mondiaux moyens de retombée str tosphérique. L'irradiation imputable à la retombée stratosphériqu des explosions d'armes nucléaires qui ont eu lieu jusqu'à prése fourniront pendant une période de 30 ans une dose-gonade de 1 mrems, et pendant une période de 70 ans une dose-moelle osseus moyenne de 160 mrems et 960 mrems par individu aux deux grou pes de populations pour lesquels la majeure partie du calcium d'or gine alimentaire est fournie respectivement par le lait et le riz.

26. Comme la retombée des matières radioactives provenant d la stratosphère est relativement étalée dans le temps, l'irradiati qui en résulte est due principalement à deux isotopes radioactifs longue période qui conservent leur radioactivité quand les autr produits de fission l'ont déjà perdue en grande partie. Ces de

otopes radioactifs sont le césium 137 et le strontium 90. Ils diffè-nt par leurs propriétés physiques et leur comportement chimique.

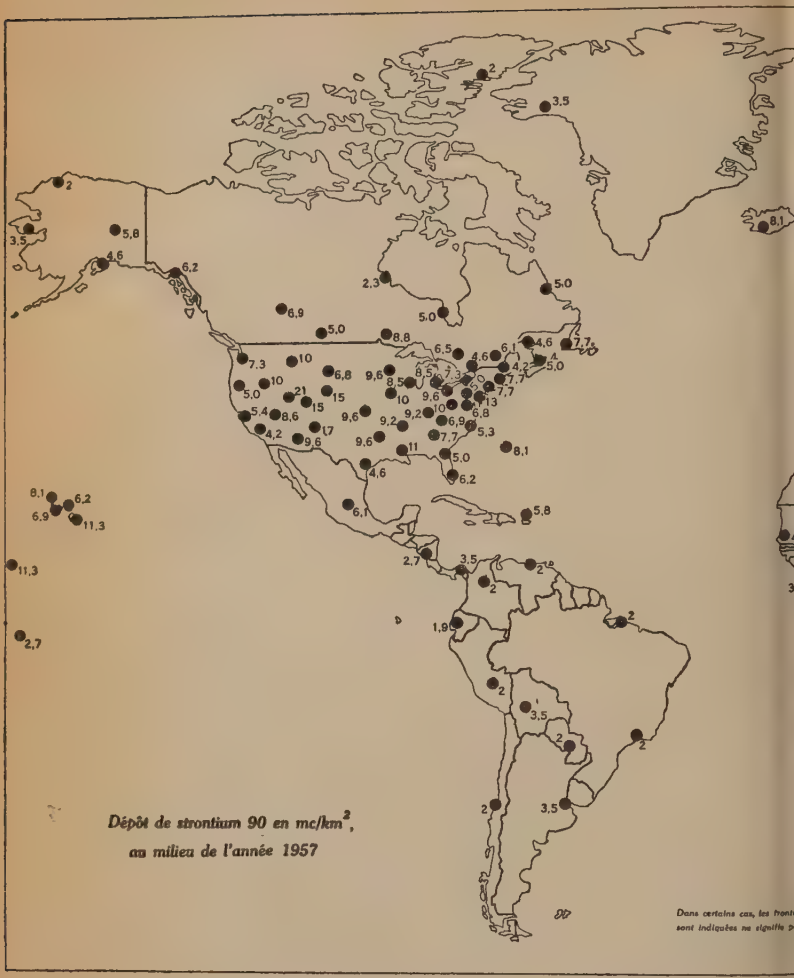
27. Le césium 137 est le principal responsable de l'irradiation es gonades liée à la retombée (voir le tableau I). Une fois absorbé ar l'organisme, il se distribue plus ou moins également dans tous s tissus, provoquant une irradiation uniforme de l'organisme entier; orsqu'il est présent dans le milieu, ses rayons gamma pénétrants rovoquent également une irradiation uniforme des tissus.

28. De son côté, le strontium 90 n'émet pas de rayonnement amma et ne contribue sensiblement à l'irradiation externe d'aucune artie du corps. Cependant, une fois absorbé par l'organisme, il se ixe dans les os en raison de sa parenté chimique avec le calcium ui est l'un des constituants essentiels de l'os. Son analogie avec le alcium et sa concentration sélective dans le tissu osseux soulèvent lusieurs problèmes qui ne se posent pas pour le césium 137.

29. La concentration moyenne du strontium 90 dans le squelette es enfants, où du tissu osseux se crée constamment, est supérieure ce qu'elle est chez l'adulte dont le squelette était formé en grande artie avant que le milieu ambiant et par conséquent les denrées limentaires n'aient été contaminés par le strontium 90. Les plus ortes concentrations de strontium 90 dans les tissus osseux ont effec-ivement été observées chez des enfants d'un âge allant de quelques [illegible] 5 ans. Dans le tableau I, les valeurs indiquées pour la dose ournie par les retombées à la moelle osseuse correspondent aux esures de la teneur en strontium 90 des os et se rapportent aux oncentrations trouvées chez des enfants de ces âges. Les doses-stéocytes correspondantes sont en moyenne trois fois supérieures nviron aux doses-moelle osseuse. Les cellules médullaires presque oyées dans l'os recevraient des doses analogues à celles de l'os roprement dit. La dose-moelle osseuse maximum pourrait être cinq ois plus forte ou plus faible que la moyenne.

30. La teneur des os en radiostrontium dépend aussi du régime limentaire et du rapport entre les teneurs des aliments ingérés en trontium 90 et en calcium. A l'heure actuelle, ce rapport varie avec es divers aliments; il est plus élevé dans le riz brun que dans le iz blanc, légèrement plus élevé dans de nombreux légumes que ans les produits laitiers, plus élevé dans l'eau de pluie que dans eau des rivières, et moins élevé dans les poissons de mer que dans es poissons d'eau douce.

31. Les conditions agricoles peuvent également exercer un effet



Carte publiée en annexe du Rapport du comité
ionisantes, en septembre 1958. Les points noirs i
radioactive du dépôt en cet e

rface du globe terrestre

ions Unies pour l'étude des effets des radiations
s où les mesures ont été faites, les chiffres l'activité
millicuries par kilomètre carré.

sur la teneur des aliments en strontium 90 puisque le calcium dis ponible du sol a, dans certaines limites, une influence sur le rappor entre les teneurs en strontium 90 et en calcium des produits du sol Il convient donc d'étudier plus avant la répartition géographique de sols très pauvres en calcium et leur utilisation agricole. Il faut égale ment poursuivre les recherches sur la répartition du strontium 9 dans le sol, sur la forme chimique sous laquelle il peut être absorb par les plantes, sur son absorption par les racines, sur son com portement lors des labours et sur la mesure dans laquelle il es entraîné hors du sol par l'eau. En effet, pour calculer les chiffres d tableau I relatifs aux quantités de strontium 90 qui se fixeront l'avenir dans le squelette, on s'est fondé sur l'hypothèse que cett substance n'est pas entraînée hors du sol, ce qui peut conduire à de valeurs trop élevées.

32. Les doses-moelle osseuse provenant de la retombée son indiquées au tableau I pour deux conditions : l'une fondée sur de observations faites aux Etats-Unis d'Amérique et au Royaume-Un où le lait est la principale source alimentaire de calcium et de stron tium 90 et où les teneurs du sol en calcium sont généralement élevées l'autre, fondée sur des données du Japon où les produits laitiers son beaucoup moins utilisés, où le riz et d'autres produits végétaux cons tituent la principale source alimentaire de calcium et de strontium 90 et où le sol est souvent pauvre en calcium. Ces deux séries de ren seignements constituent ce que l'on sait actuellement de la cont mination des aliments. Elles serviront à essayer d'évaluer les dan gers d'irradiation dus à la retombée, au paragraphe 57 ci-dessou lorsque l'on aura étudié la nature et l'incidence des effets biologiqu des rayonnements.

33. Il est évident que les irradiations dues à la retombée q sont probablement les plus importantes sont :

a) Celles qui ont pour origine les produits de fission et les m tières radioactives de courte période provenant des retombées local ou troposphériques ;

b) Celles qui atteignent les gonades et d'autres organes et q ont leur origine dans le césium 137 de la retombée stratosphériqu

c) Celles qui atteignent les os et les tissus voisins et qui o leur origine dans le strontium 90, lequel provient aussi dans u large mesure de la stratosphère.

L'importance relative de ces diverses sources d'irradiation var d'une région à l'autre.

II. — [illegible]

[illegible]

Effets des radiations sur l'homme.

37. L'homme se révélera peut-être extraordinairement vul rable à l'exposition aux radiations ionisantes, y compris les irrad tions continues de faible intensité, en raison de sa sensibilité b connue aux rayonnements, de la longue durée de sa vie, et du l intervalle qui sépare sa conception de la fin de sa période de rep duction.

38. Les cellules de l'embryon sont particulièrement sensib aux radiations et, d'après les constatations qui ont été faites, il sem que l'exposition du fœtus à de petites doses de radiations pui provoquer la leucémie au cours de l'enfance. L'irradiation de melles de mammifères pendant la gestation a montré que des do de plus de 25 rems appliquées au fœtus, à certains stades de développement, peuvent provoquer des anomalies dans certains ganes. On a constaté chez diverses espèces que certaines cellu de l'embryon (neuroblastes) cultivées *in vitro* étaient sensibles des doses très faibles, 1 rad par exemple. Si ces résultats peuv être appliqués à l'homme, on a, semble-t-il, quelque raison croire, étant donné qu'ils concernent le développement du cerve que même une très faible irradiation du fœtus de l'homme ris d'avoir des effets nocifs si elle a lieu à un stade critique de la gr sesse. Du strontium radioactif risque de s'incorporer aux os fœtus lorsque la calcification commence au cours du deuxième mestre de la grossessse et d'exposer ainsi certains tissus en co de développement qui sont adjacents à l'os (système nerveux et hy physe) à des doses d'irradiation analogues à celles que reçoit le ti osseux. L'absorption de strontium radioactif par les tissus oss du fœtus est cependant très faible à l'heure actuelle : elle entra une irradiation qui représente moins de 1 pour 100 de celle pro nant des sources naturelles; toutefois, si les explosions expérim tales se poursuivent au rythme actuel, elle finira par atteindre envi 10 pour 100 de l'irradiation naturelle.

39. Les enfants sont considérés comme plus sensibles aux diations que les adultes, encore que l'on ait sur ce point peu d'i cations directes, sinon que le cancer de la thyroïde peut résu chez l'enfant de doses de quelques centaines de rads qui n'ont d'effets de ce genre chez l'adulte.

40. Chez l'homme adulte, il est difficile de déceler les ef

une dose unique de moins de 25 à 50 rems, ou d'une exposition ntinue à des doses inférieures à 100 fois le niveau des radiations turelles. La première indication des dommages causés par l'irradian des tissus hématopoïétiques semble être une diminution du nome des lymphocytes et des plaquettes et l'apparition d'anomalies les que des lymphocytes bilobés.

41. Des troubles qui apparaissent rapidement, mais qui sont ssagers, ont été observés chez les mammifères après exposition à ne dose unique de 25 à 200 mrems. Cependant, ce n'est que depuis u que l'on a fait appel à des techniques physiologiques et biochiiques appropriées pour étudier les réactions des organismes irradiés, ces techniques n'ont pas encore permis de se faire une idée très tte de ce qui se passe dans les organismes recevant de faibles ses ou des irradiations de faibles débits. Trop peu d'espèces de ammifères ont été étudiées jusqu'ici; il est évident qu'il importe intensifier ces études afin de pouvoir en tirer des conclusions plicables à l'homme.

42. Les processus de restauration jouent un rôle important dans résultat final des dommages causés par les radiations. Ils explient en partie l'existence d'un seuil pour la dose ou la dose-péode, c'est-à-dire le fait qu'aucun effet biologique particulier n'apraît pour une dose inférieure à la dose-seuil. Dans ce dernier cas, s phénomènes physico-chimiques se produisent mais le processus restauration empêche l'apparition finale du dommage biologique. n a constaté l'existence de doses-seuils pour certains effets somaques comme l'érythème de la peau. D'autres formes de dommages usés par les radiations aux cellules, tissus ou organismes, semblent utefois avoir un caractère cumulatif; par exemple, le dommage qui traduit par une mutation ne se répare pas une fois établi.

43. Les cellules ou tissus endommagés peuvent être éliminés remplacés par des cellules normales régénérées; ce processus t surtout observé chez les embryons et les jeunes animaux, ainsi ne dans certains tissus de l'adulte. Les cellules endommagées peunt aussi recouvrer des fonctions biochimiques apparemment norales. Au cours du processus de régénération des tissus endommas par les radiations, des tumeurs malignes peuvent apparaître.

44. La capacité de restauration varie sensiblement selon les ganismes et les types de cellules et aussi selon les conditions phyologiques. On n'a encore découvert aucun traitement chimique pable de déclencher ou d'accélérer le processus de restauration

d'un dommage causé par les radiations chez l'être humain. Jusqu' la greffe de tissus hématopoïétiques n'a réussi que sur de petits ma mifères dont le corps avait été entièrement irradié par une dose lét et il ne semble pas que l'on ait essayé d'appliquer ce traitemen des êtres humains irradiés.

45. Les premières modifications qui apparaissent au cours l'irradiation suffisent à provoquer des dommages ultérieurs, ce complique la prévention des effets des rayonnements et rend imp sible une protection complète. La découverte de protecteurs chi ques, bien qu'importante du point de vue théorique, n'a pas enc abouti à la mise au point de méthodes qui permettraient d'attén de façon appréciable les dommages causés par les radiations c l'être humain. A l'heure actuelle, le seul moyen de se proté efficacement contre les radiations provenant d'une source extérie consiste à utiliser un blindage approprié ou à se tenir à une dista suffisante de cette source. On étudie activement les propriétés certains agents qui permettraient d'éliminer de l'organisme (par c lation) les radio-isotopes qui s'y sont introduits, et de réduire a l'irradiation interne.

46. Des lésions morphologiquement décelables peuvent é provoquées par une exposition totale ou partielle, continue ou int mittente, à des doses bien supérieures aux valeurs actuellement ceptées comme « doses maximums admissibles » pour l'irradiat d'origine professionnelle. Au nombre de ces lésions figurent la l copénie, l'anémie et la leucémie. On sait que d'autres phénomè pathologiques, tels que la cataracte, le carcinome de la thyroïde le sarcome osseux, ont été provoqués par une irradiation partielle corps, mais les doses appliquées à ces organes doivent être as élevées, atteignant des centaines ou même des milliers de rems

47. La réduction de la longévité observée chez de petits r geurs exposés à de fortes doses donne à penser que l'exposit continue à des radiations de faible intensité aggrave peut-être c tains phénomènes de dégénérescence. Cette possibilité ressort é lement de certaines comparaisons qui ont été faites aux Etats-U entre les taux officiels de mortalité pour les radiologistes et p certains autres groupes de médecins. Cependant, les études effectu au Royaume-Uni ne permettent pas d'aboutir aux mêmes conclusio

48. Etant donné que nous ne connaissons pas encore bien effets des faibles doses, il est indispensable de recueillir le plus renseignements possible sur les groupes de personnes exposées

on continue à des doses de ce genre et pour lesquelles il existe groupes témoins appropriés, par exemple sur certains groupes population vivant dans des régions où les radiations naturelles t intenses et sur les personnes employées dans les mines d'ura-m.

49. L'exposition des gonades aux radiations ionisantes, si les que soient les doses absorbées, peut donner naissance à des es mutant qui s'accumulent, peuvent se transmettre à la des-dance et sont généralement considérés comme nocifs pour la e humaine. Etant donné que les individus qui seront affectés ap-tiendront aux générations futures, il importe de veiller à ce que populations soient exposées le moins possible aux radiations ioni-tes et de préserver ainsi la santé d'individus qui ne sont pas ore nés.

50. L'hypothèse actuelle selon laquelle les mutations radio-uites chez l'homme ont un caractère strictement cumulatif repose certaines considérations théoriques et sur un nombre limité de nées obtenues à la suite de recherches expérimentales sur des anismes exposés à des doses relativement élevées. C'est sur te hypothèse que sont fondées toutes les évaluations actuelles effets de l'irradiation sur la mutabilité. Aussi est-il nécessaire tendre le champ des expériences en descendant aussi bas que sible dans la gamme des doses administrées.

51. L'homme pouvant, par ses propres activités, porter atteinte caractères génétiques héréditaires et l'effet des radiations ioni-tes dans ce domaine ayant un caractère cumulatif, on ne saurait estimer l'importance des responsabilités qui incombent à la géné-on actuelle, principalement en ce qui concerne les conséquences iales que la présence de gènes défavorables peut avoir pour les ulations humaines.

52. L'accroissement du nombre des mutations non seulement mente l'incidence de certains troubles facilement décelables, dont ucoup sont graves mais dont chacun est relativement rare, mais eut encore porter atteinte à certains caractères « biométriques » versels et importants comme l'intelligence ou la longévité. Dans conditions, il est possible que l'exposition continue d'une popu-on à de faibles irradiations significatives du point de vue généti-, non seulement affecte gravement un petit nombre d'individus s aussi touche à un degré moindre la plupart de ses membres. n que moins facile à déceler, ce deuxième type d'effet sur une

population peut, lui aussi, être grave. Malheureusement, la gra
majorité des gènes qui affectent les caractères « biométriques »
sont pas décelables individuellement; ils ne peuvent donc être étu
que collectivement et cela n'est pas facile. Aussi notre connaissa
de ces gènes est-elle beaucoup moins étendue que celle que n
avons de ceux qui sont responsables de changements décelables in
viduellement et ignore-t-on presque tout de leur réaction à l'irra
tion, même chez les organismes qui ont été le mieux étudiés ex
rimentalement. C'est pourquoi il est impossible, à l'heure actue
d'évaluer avec quelque certitude l'effet d'une dose déterminée
radiations sur les caractères biométriques des populations humain
Il est donc nécessaire de poursuivre activement les recherches d
ce domaine.

53. Le Comité souligne la nécessité d'effectuer d'urgence
recherches soigneusement préparées qui pourraient aider à mi
comprendre le mécanisme des mutations, et, éventuellement, à a
sur ce mécanisme. Il importe de recueillir plus de renseigneme
sur la mesure dans laquelle l'irradiation provoque des mutations c
l'homme. En fait, on ne connaît même pas avec précision quelle
la dose requise pour doubler le taux des mutations normales c
l'homme. Il est également nécessaire que s'institue une coopérat
beaucoup plus étroite entre généticiens et démographes en vue d'é
cider la nature du processus complexe de sélection chez l'hom
De nombreuses questions importantes relevant du domaine des
cherches génétiques ont été examinées par un groupe d'étude
l'Organisation mondiale de la santé dans un rapport intitulé « Eff
of Radiation upon Human Heredity » (document A/AC.82/G/R.5

III. — Conclusions générales

54. A l'heure actuelle, l'exposition de l'humanité aux ra
tions ionisantes est due principalement aux sources naturelles, à
techniques médicales et industrielles et à la contamination du mi
liée aux explosions nucléaires. Les techniques employées dans l
dustrie, la recherche et la médecine n'exposent qu'une partie d
population, tandis que les sources naturelles et la contamination
milieu exposent la population tout entière. Les radiations artificie
auxquelles l'homme se trouve exposé à l'occasion de ses travaux d

ndustrie et la recherche scientifique sont utiles pour la science la technologie. On peut en contrôler l'utilisation et réduire les ques d'irradiation en perfectionnant les méthodes de protection les dispositifs de sécurité. Toutes les applications des rayons X des isotopes radioactifs en médecine, pour les diagnostics et la diothérapie, ont pour objet le bien-être de l'humanité et peuvent e contrôlées. La contamination radioactive du milieu, résultant s explosions d'armes nucléaires, contribue à accroître de plus en us les niveaux d'irradiation dans le monde, ce qui entraîne des sques nouveaux et, dans une large mesure, inconnus pour les popu- tions présentes et futures; par leur nature même, ces risques happent au contrôle des personnes exposées. Le Comité conclut ue toutes les mesures visant à réduire au minimum l'irradiation des opulations humaines contribueront à sauvegarder la santé de homme. Ces mesures devraient consister, d'une part, à éviter toute radiation inutile due à des pratiques médicales, à des opérations dustrielles ou à d'autres usages de l'énergie nucléaire à des fins cifiques et, d'autre part, à mettre fin à la contamination du milieu ue aux explosions d'armes nucléaires. Le Comité n'ignore pas que contrôle efficace de toutes ces sources d'irradiation suppose des écisions nationales et internationales qui n'entrent pas dans le cadre ses travaux * †.

---

* L'U.R.S.S. a présenté au Comité un projet de paragraphe 54 qui, odifié par la Tchécoslovaquie avec l'assentiment de l'U.R.S.S., avait la neur suivante :

« Les renseignements scientifiques reçus par le Comité donnent à penser 'il convient de considérer les effets génétiques des radiations comme s réactions qui ne comportent pas de seuil. Il en résulte que toute élé- tion des niveaux d'irradiation de l'organisme humain entraînera un croissement de l'incidence des maladies héréditaires. Selon une opinion ientifique, les néoplasmes à évolution maligne ainsi que la leucémie sont s affections dont l'incidence peut augmenter à mesure que le niveau de radioactivité s'élève. Dans ces conditions, et étant donné qu'il est très u vraisemblable que l'organisme humain puisse s'adapter à une élé- tion du niveau de la radioactivité ambiante, il y a lieu de juger peu uhaitable pour l'humanité toute augmentation de la dose d'irradia- n au delà du niveau du rayonnement naturel. C'est pourquoi il convient s'efforcer d'améliorer les bases physiques et la technique de l'utilisation s rayonnements en médecine en donnant des instructions plus précises ur l'emploi des radiations et en éliminant les effets nocifs secondaires. est essentiel aussi de développer, à la faveur d'une large coopération tre hommes de science dans le monde entier, les recherches sur l'amé- ration des techniques de protection et de sécurité dans l'industrie omique, la science et la technologie. Les données physiques et biolo- ques présentées dans le rapport montrent clairement que des efforts ivent être faits pour éliminer la source de radiations qui échappe contrôle de l'homme, c'est-à-dire pour mettre fin aux explosions nu- aires et thermonucléaires expérimentales ; elles permettent en outre

55. Certaines conclusions générales ressortent clairement ce qui précède :

a) Si faibles qu'elles soient, les radiations peuvent provoq des effets nocifs, génétiques et peut-être aussi somatiques.

b) La population mondiale tout entière est plus ou moins s mise tant aux radiations naturelles qu'aux radiations provenant retombées radioactives; par contre, une fraction seulement de population est soumise à des radiations d'origine médicale ou p fessionnelle. Cependant, l'irradiation de n'importe quel groupe d'

---

au Comité de conclure que les explosions expérimentales d'armes nucléai devraient cesser immédiatement. »

Cette proposition a été rejetée à la suite d'un vote par appel nomi dont voici les résultats :

Ont voté pour : République arabe unie, Tchécoslovaquie, Union Républiques socialistes soviétiques.

Ont voté contre : Argentine, Australie, Brésil, Canada, Etats-U d'Amérique, France, Japon, Mexique, Royaume-Uni de Grande-Breta et d'Irlande du Nord, Suède.

Se sont abstenus : Belgique (*Président*), Inde.

Le texte reproduit ci-dessus représente l'opinion dissidente exprir par la République arabe unie, la Tchécoslovaquie et l'U.R.S.S. à pro du texte du paragraphe 54 que le Comité a approuvé à la majorité.

+ L'Inde a également présenté un projet de paragraphe 54 qui, a les modifications acceptées par ce pays, avait la teneur suivante :

« A l'heure actuelle, l'exposition de l'humanité aux radiations io santes est due principalement aux sources naturelles, à des techniq médicales et industrielles et à la contamination du milieu liée aux ex sions nucléaires. Les techniques employées dans l'industrie, la recher et la médecine n'exposent qu'une partie de la population, tandis que sources naturelles et la contamination du milieu exposent la populat tout entière. Les radiations artificielles auxquelles l'homme se tro exposé à l'occasion de ses travaux dans l'industrie et la recherche sc tifique sont utiles pour la science et la technologie. On peut en contr l'utilisation et réduire les risques d'irradiation en perfectionnant les thodes de protection et les dispositifs de sécurité. Toutes les applicati des rayons X et des isotopes radioactifs en médecine, pour les diagr tics et la radiothérapie, ont pour objet le bien-être de l'humanité et vent être contrôlées. La contamination radioactive du milieu, résult des explosions d'armes nucléaires, contribue à accroître de plus en plus niveaux d'irradiation dans le monde, ce qui entraîne des risques nouve et, dans une large mesure, inconnus pour les populations présentes futures ; par leur nature même, ces risques échappent au contrôle personnes exposées. Les données physiques et biologiques contenues d le rapport conduisent à la conclusion suivante : toute élévation géné du niveau de la contamination radioactive dans le monde doit être pêchée en raison des effets nocifs qu'elle aurait et toute opération vant être la cause d'une telle élévation doit être évitée. Les essais d'eng nucléaires sont à l'heure actuelle la principale de ces causes. »

Cette proposition a été rejetée à la suite d'un vote par appel nom dont voici les résultats :

Ont voté pour : Brésil, Etats-Unis d'Amérique, France, Inde, Japon

Ont voté contre : Argentine, Australie, Mexique, Royaume-Uni Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Suède.

Se sont abstenus : Belgique (*Président*), Canada, République a unie, Tchécoslovaquie, Union des Républiques socialistes soviétiques.

idus, avant et pendant la période de reproduction, aura des effets nétiques sur l'ensemble de la population, dans la mesure où les ades sont irradiées.

c) En raison du retard avec lequel les effets somatiques des ra-tions peuvent apparaître et leurs effets génétiques se manifester, dommage n'est pas immédiatement décelable dans toute son am-ur. Il importe donc de prendre en considération la rapidité avec uelle l'homme peut intervenir pour modifier les niveaux d'irra-tion.

Il est clair que l'homme peut agir sur l'irradiation d'origine mé-cale ou professionnelle ainsi que sur les essais d'armes nucléaires, is qu'il ne peut rien faire en ce qui concerne les radiations natu-lles et les retombées de substances radioactives ayant déjà atteint stratosphère.

56. Les connaissances que l'on possède actuellement sur les pports qui existent entre les doses de radiations et leurs effets à ng terme ne nous permettent pas de déterminer avec précision les nséquences que l'exposition à de faibles doses peut avoir sur omme. Une grande partie des effets de l'irradiation se manifestent ec un certain retard et il est souvent impossible de les distinguer s effets d'autres agents; beaucoup d'entre eux ne se produisent 'une fois la dose-seuil dépassée et, si certains ont parfois un ca-ctère cumulatif, il n'en est pas toujours ainsi; il se peut que, dans e population importante, certains individus ou groupes particuliers omme les enfants et les fœtus) soient particulièrement sensibles x radiations. Il est donc très difficile, pour toutes ces raisons, de ssembler des renseignements indiscutables sur la corrélation qui iste entre les faibles doses et leurs effets sur l'individu ou sur s populations nombreuses. Qu'il soit provoqué par des essais d'en-ns nucléaires ou par toute autre cause, un accroissement même nt de la radioactivité ambiante dans le monde pourrait, à la longue, user un dommage appréciable à un grand nombre d'êtres humains ant que l'on puisse établir avec certitude que ce dommage est dû l'irradiation. L'apparition et l'élimination des effets génétiques favorables seraient très lentes; de plus, étant donné que la conta-nation radioactive serait de plus en plus élevée, elle risquerait, fait de l'irradiation supplémentaire qui en résulterait, d'accroître ez les individus les possibilités de dommages somatiques. Un tel t de choses exige que l'humanité agisse avec d'autant plus de pru-nce que l'importance des effets nocifs a peut-être été sous-estimée.

TABLEAU II. — ESTIMATIONS DE CERTAINES DES CONSÉQUENCES SOCIALES QUE POURRAIENT AVOIR, PAR ANNÉE, LES RADIATIONS REÇUES DE DIVERSES SOURCES PAR LA POPULATION MONDIALE

Conséquences	*Population mondiale [hypothèses] (millions d'habitants)*	*Incidence naturelle par année [hypothèses] (nombre de cas)*	*Sources de radiations*		
			Radiations naturelles	*Retombée provenant des essais d'armes*	
				Les essais en 1958 cessent	*Les essais se poursuivent et un équilibre est atteint*
Leucémie:					
Dans le cas d'un seuil à 0 rem	3.000	150.000	15.000	400 à 2.000 [a]	
	5.000	250.000	25.000	–	5.000 à 60.000
Dans le cas d'un seuil à 400 rems	3.000	150.000	0 [b]	0 [c]	–
	5.000	250.000	0 [b]	–	0 [d]
Dommages génétiques graves [e]	5.000	700.000 à 3.000.000	25.000 à 1.000.000	[f]	500 à 40.000

[a] Maximum en période de pointe. On estime qu'en fin de compte le nombre total des cas serait compris entre moins de 25.000 et 150.000.

[b] A moins que la dose individuelle à la moelle osseuse ne dépasse 60 fois la valeur moyenne.

[c] A moins que la dose individuelle à la moelle osseuse ne dépasse 80 à 500 fois la valeur moyenne.

[d] A moins que la dose individuelle à la moelle osseuse ne dépasse 5 à 60 fois la valeur moyenne.

[e] Affections qui constituent au moins un lourd handicap pour les sujets atteints — voir la liste donnée dans le tableau XI de l'annexe H.

[f] Il y aurait de 2.500 à 100.000 cas au total dans les années suivantes.

NOTES. — Les méthodes employées pour évaluer l'incidence de la leucémie et celle des dommages génétiques graves sont ex-

L'évaluation quantitative d'un accroissement de l'incidence des tumeurs osseuses primaires dû à l'irradiation soulève de grandes difficultés. Si l'on admet que le nombre de cas est normalement de 5 à 10 par million de personnes et par an et que 10 pour 100 de ces cas sont imputables à l'effet des rayonnements naturels, on peut, d'après les doses-ostéocytes pour une période de 70 ans, calculer les chiffres suivants dans l'hypothèse d'une réaction ne comportant pas de seuil:

Si les essais cessent en 1958 et que la population mondiale est de 3 milliards d'habitants: 70 à 900 cas par an (maximum);

A l'équilibre, si les essais se poursuivent, dans une population mondiale de 5 milliards d'habitants: 1.000 à 25.000 cas par an (régime continu);

Si l'on suppose qu'il existe un seuil à 400 rems, l'incidence serait nulle, à moins que la dose-ostéocytes individuelle ne dépasse 80 à 500 fois la valeur moyenne dans le cas où les essais cesseraient en 1958 ou 5 à 60 fois cette valeur une fois l'équi-

n'est pas exclu toutefois que, dans les estimations actuelles, on exagéré les risques que comporte l'exposition chronique à des liations de faible intenstié. Seules des recherches plus approfondies rmettront d'éclaircir la situation *.

57. *Au stade actuel, toute évaluation des effets des radiations xquelles la population mondiale est exposée ne peut avoir qu'un ractère provisoire et comporter une grande marge d'incertitude.* s estimations sont données au chapitre III concernant l'exposition s populations aux rayonnements, et aux chapitres V et VI concernt les effets somatiques et génétiques probables d'irradiations déterminées. Sur la base de ces estimations, le Comité s'est efforcé évaluer le rôle que les radiations naturelles et les radiations dues la retombée peuvent jouer dans l'apparition de la leucémie, de meurs osseuses et de dommages génétiques graves (tableau II) isqu'il s'agit de phénomènes qui pourraient être induits par des diations de faible intensité. Les méthodes de calcul et les principales causes d'incertitude concernant ces évaluations sont exposées x chapitres III, V et VI, où sont indiqués également des facteurs rmettant d'ajuster les différentes estimations en tenant compte des verses hypothèses sur lesquelles reposent les calculs. Il est évint que ces estimations ne donnent qu'un ordre de grandeur de la équence avec laquelle les effets peuvent se produire et que la arge d'incertitude qu'elles comportent provient surtout de ce que on ignore s'il existe des seuils pour l'induction de la leucémie ou s tumeurs osseuses par les radiations.

Liste des experts scientifiques

On trouvera ci-dessous la liste des experts scientifiques qui ont rticipé à l'élaboration du rapport tout en assistant aux séances du omité en qualité de représentants de leur pays.

Argentine : M. C. Núñez (*représentant*); M. D. J. Beninn; M. E. Favret; M. N. Nussis; M. J. A. Olarte.

Australie : M. C. F. Eddy (*représentant — première session*); . D. J. Stevens (*représentant*); M. A. R. W. Wilson.

* Il ne faudrait pas mal interpréter les recommandations que la Comssion internationale de protection contre les radiations a faites en 1954-5 au sujet des doses d'exposition maximums admissibles et des charges aximums en radio-isotopes admissibles dans l'organisme. Ces recommantions valent pour l'exposition d'individus dans l'exercice de leur prosion et non pour l'exposition de populations entières.

BELGIQUE : M. Z. Bacq (*représentant*) ; M.R. Boulenger; M. Errera; M. F. Twisselman.

BRÉSIL : M. C. Chagas (*représentant*) ; M. B. Gross; M. N. banio; M. C. Pavan; R.P. F. X. Roser (S.J.).

CANADA : M. E. A. Watkinson (*représentant*) ; M. R. K. Ap yard; M. P. M. Bird; M. W. E. Grummitt; M. Colin Hunt M. G. H. Josie; M. C. A. Mawson; M. H. B. Newcombe; M. D. Sowby.

EGYPTE : M. A. Halawani (*représentant*) ; M. H. T. Daw.

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE : M. Shields Warren (*représentant* M. G. W. Beadle; M. A. M. Brues; M. J. Crow; M. Th. D zhansky; M. C. L. Dunham; M. Merril Eisenbud; M. Sterling Em son; M. G. Failla; M. J. H. Harley; M. J. S. Laughlin; M. J. Neel; M. M. Zelle.

FRANCE : M. L. Bugnard (*représentant*) ; M. A. Allisy; M. Coursaget; M. H. Jammet; M. J. Labeyrie; M. J. Leieune

INDE : M. V. R. Khanolkar (*représentant*) ; M. A. R. Gopal-Ay gar; M. A. S. Rao.

JAPON : M. M. Tsuzuki (*représentant*) ; M. Y. Hivama; M. Moriwaki; M. K. Murati; M. M. Nakaidzumi; M. S. Ohta; M. Saito; M. E. Tajima.

MEXIQUE : M. M. Martínez Báez (*représentant*) ; M. F. A. drade; M. H. Zalce.

ROYAUME-UNI DE GRANDE-BRETAGNE ET D'IRLANDE DU NOR M. W. V. Mayneord (*représentant — première session* ; M. E. Pochin (*représentant*) ; M. T. C. Carter; M. A. C. Chamberl M. W. G. Marley; M. N. G. Stewart.

SUÈDE : M. R. M. Sievert (*représentant*) ; M. B. A. A. A M. R. G. Björnerstedt; M. G. Bonnier; M. T. O. Caspersson; C. A. T. Gustafsson; M. A. G. A. Nelson.

TCHÉCOSLOVAQUIE : M. F. Hercik (*représentant*) ; M. F. Bet nek; M. M. Hasek; M. L. Novák; M. V. Sobek; M. I. Ulehla, V. Zeleny.

UNION DES RÉPUBLIQUES SOCIALISTES SOVIÉTIQUES : M. A Lebedinsky (*représentant*) ; M. K. K. Aglintsev; M. B. M. Issa M. P. M. Kireev; M. A. N. Kraevsky; M. A. M. Kouzine.

Ces textes sont extraits du Rapport du Co scientifique des Nations Unies pour l'étude des e des radiations ionisantes, *Assemblée générale D ments officiels, treizième session, supplément n (A 3838), New-York 1958, pages 12-19, 42 252-253.*

2e Partie

LES RETOMBEES RADIOACTIVES DANS LE MONDE

Cette partie illustre la précédente en donnant des détails par
culiers et la complète en présentant des données plus récentes, do
beaucoup (celles qui concernent le carbone 14 par exemple) so
de nature à modifier quelque peu, dans le sens de l'aggravation,
description de la situation.

On y trouvera successivement une étude sur le déplacement d
nuages radioactifs, des tableaux et graphiques caractérisant la situ
tion dans le monde entier, des renseignements sur la radioactiv
due aux retombées en France, en U.R.S.S., en Allemagne, en Ita
et, à titre documentaire, l'écho de certains de ces faits dans les d
pêches des agences d'information de presse.

Les données concernant le Japon, où les études sont les pl
poussées, parce que le problème y est extrêmement aigu, ont é
groupées avec celles qui concernent les effets des retombées.; on
lira donc dans le volumineux dossier japonais qui termine la qu
trième partie.

LES NUAGES RADIOACTIFS

ur déplacement dans l'atmosphère comparé aux mouvements des nuages de cendres dans les explosions volcaniques aux vents de sable et de poussières des régions désertiques

Dans la préparation des explosions expérimentales de bombes rmonucléaires réalisées à Bikini en mars 1954, on a sous-estimé danger des effets indirects, notamment celui du nuage radioactif uvant déposer des poussières radioactives à des distances considé-bles du lieu de l'explosion.

Et cependant la comparaison avec la puissance des explosions lcaniques et le transport des cendres volcaniques lors des éruptions grande envergure était pleinement justifiée et instructive à cet ard ; elle permettait des prévisions plus précises.

La comparaison s'arrête évidemment aux effets mécaniques et au nsport de poussières fines dans l'atmosphère puisque la radioacti-é des cendres volcaniques est négligeable, en ce qui concerne ses ets sur l'homme.

Les observations effectuées sur le transport des poussières fines levées dans la haute atmosphère par les vents de sable des dé-ts nous apportent aussi des renseignements précieux.

s énergies totales mises en jeu dans les deux cas.

L'énergie mécanique et calorifique mise en jeu dans une explo-n thermonucléaire est comparable à l'énergie totale dégagée dans e grande éruption volcanique.

Je crois qu'on peut même dire qu'il est techniquement possible tuellement de la rendre supérieure.

M. J. Noetzlin a donné une évaluation approximative du bil énergétique d'une éruption de première grandeur [1].

Une éruption de 1re grandeur dans la classification de K. Sapp déplace *au moins* 1 km³ de matériaux soit :

$2{,}5 \times 10^{15}$ g en prenant la valeur 2,5 comme densité moyen de la lave.

On peut fixer à 10 km la hauteur moyenne de soulèvement ces matériaux dans la cheminée volcanique, valeur qui est prob blement faible dans la majorité des cas.

Le travail de soulèvement (m × g × h) des matériaux, exécu au cours d'un éruption de première grandeur peut donc être évalué

$$\frac{981 \times 2{,}5 \times 10^{15} \times 10^{6}}{10^{7}} = 2{,}5\ 10^{17} \text{ joules environ}$$

Tenant compte du mauvais rendement mécanique de ce « can volcanique » qu'on peut estimer compris entre 10 et 30 %, on pe écrire que l'énergie mécanique dépensée dans une éruption de grandeur est comprise entre (8 et 25) 10^7 joules soit : (2 à 10^{17} cal.

Si l'on tient compte de la quantité de chaleur évacuée par lave et les produits de projection en se refroidissant de 1.000° e viron jusqu'à la température ordinaire, qu'on peut évaluer à 6.1 cal., on obtient, comme *dépense d'énergie totale :*

$$6.10^{17} \text{ cal.} + (2 \text{ à } 6)\ 10^{17} = (8 \text{ à } 12)\ 10^{17} \text{ cal.} = 10^{18} \text{ cal.}$$

Or l'énergie d'une bombe A du type Hiroshima est évalué 8×10^{21} erg. En supposant qu'une bombe H a une puissance 5 fois plus grande qu'une bombe A, on obtient la valeur approximati de

$$4 \times 10^{24} \text{ ergs. soit } 4 \times 10^{17} \text{ joules}$$

qui est un minimum, puisqu'on a fabriqué des bombes H 2.000 f plus puissantes.

Ces chiffres sont donc tout à fait comparables et même su rieurs à ceux que nous avons obtenus pour une éruption volcaniq de première grandeur.

1. J. Noetzlin : *Bilans énergétiques en géophysique.* Actualités sci tifiques, n° 1038, 1948, Hermann, Paris.

Par rapport à l'énergie mécanique d'un typhon on peut faire une mparaison analogue, puisque l'énergie d'un typhon est comprise tre 8×10^{22} ou 8×10^{23} ergs [2].

On peut dire que les explosifs thermonucléaires nous permettent atteindre des énergies supérieures aux énergies les plus fortes nstatées dans la nature, avec celle qui est dissipée dans les orages.

utres données fournies par les volcans.

Outre leur bilan énergétique, les éruptions volcaniques nous portent des éléments de comparaison concernant notamment :

1° les effets mécaniques,

2° la projection de nuages de poussières fines; l'expansion et s mouvements de ces nuages de poussière dans l'atmosphère.

En ce qui concerne les effets mécaniques on peut noter la for- ation de fosses profondes (de 300 m par exemple lors de l'érup- on du Krakatoa en 1883) et, dans le cas des explosions péléennes, renversement des édifices par la propagation d'une onde de choc grande vitesse [3] (par exemple les Ruines de Saint-Pierre à la artinique).

En ce qui concerne la hauteur de projection des cendres, elle t évaluée en moyenne à plus de 10 km pour les éruptions de 1re andeur : 8 à 10 km pour le Cotopaxi (26 juin 1877); 11-15 km ur le Krakatoa (1883), 13 km pour le Tarawera en Nouvelle- élande (1886).

Des effets analogues sont obtenus avec les bombes atomiques et ermonucléaires.

Mais la comparaison la plus suggestive est celle qui peut être te à propos des nuages de cendres.

Le mieux est de citer quelques exemples :

L'exemple le plus fameux est celui des cendres de la grande uption du Krakatoa en 1883. Le Krakatoa est une île volcanique uée dans le détroit de la Sonde entre Java et Sumatra. Ce volcan, i n'avait présenté aucun signe d'activité depuis 1880 se réveilla

2. Conférence de Presse du Docteur Wadati, Directeur de l'Observa- re central météorologique du Japon, après le désastre du Fukuryu Maru.
3. Voir A. Lacroix : « La montagne Pelée et ses éruptions », Paris 1904; . Michel-Lévy : « Détonation d'explosifs et volcanisme. Similitude de s effets ». *Bull. Volc. Intern.*, série II, t. I, 1937, p. I.

le 10 mai 1883, et, après deux éruptions localisées dans la par nord de l'île, toute la montagne sauta le 27 août 1883. Une fos profonde de 300 m se creusa à son emplacement et fut aussi envahie par la mer [4].

Plus de la moitié de l'île fut réduite en cendres qui se répa dirent dans l'atmosphère, puis retombèrent en couvrant d'une couc de 40 m la partie de l'île épargnée par l'explosion. La violence l'explosion fut telle que l'onde de choc causée par elle fut ressen à Paris où le baromètre baissa de plus de 2 mm. Elle arriva heures environ après l'éruption, ayant parcouru le tiers du glo à la vitesse de 1.180 km à l'heure (soit 328 m à la seconde).

Quatorze heures plus tard, un nouvel ébranlement y fut perçu il provenait de l'onde ayant voyagé dans l'autre sens. Ainsi le to de la Terre fut accompli par cette commotion atmosphérique moins de 35 heures. Bien plus, avant de se calmer, ces ondes fire le tour du monde une deuxième et une troisième fois, produisant e core des dépressions atmosphériques à des intervalles de 35 heur environ.

Le panache de fumée lancé par l'explosion atteignit 15 km hauteur. Des poussières fines furent projetées dans la stratosphèr où elles formèrent des nuages immenses et légers pendant plusieu années.

On évalua à 18 km^3 environ le volume total des matériaux pr jetés, de quoi couvrir la surface de Paris sur une hauteur de 180 environ.

Trois mois après l'éruption, le ciel s'emplissait de vives lueu après le coucher du soleil, à Paris et dans toute l'Europe; ell étaient dues à la réflexion de la lumière sur ces fines particules cendres rassemblées à 70 km de hauteur.

On connaît bien d'autres éruptions dans lesquelles les cendr volcaniques ont été transportées par les courants atmosphériques ju qu'à des distances considérables.

Toujours dans les îles de la Sonde, le *Timboro* ou Tambora célèbre par l'éruption du 3 avril 1815 qui ensevelit complètem la ville de Sumbava. Les cendres couvrirent la mer d'une couc flottante, au milieu de laquelle les navires se frayaient difficilem un passage, et cela dans un rayon de 500 km autour de la montag

4. On voit l'analogie avec la première explosion thermonucléa d'Eniwetok en 1952, qui provoqua l'anéantissement de l'îlot d'Elugel

On a calculé que cette pluie s'était étendue sur un espace plus grand que la superficie de l'Allemagne et représentait un volume de 150 km³.

Avant l'éruption le cône du Timboro s'élevait à 4.000 m. Après l'éruption la montagne n'atteignait plus que 2.750 m, et son sommet était tronqué par un cratère ou plutôt un gouffre de 25 km de jour et 530 m de profondeur moyenne.

Au Japon [5], lors de l'éruption du *Mt Asama Yama,* en 1934, le nuage de cendres s'est élevé à une altitude moindre mais les cendres vinrent sur Tokyo à la vitesse de 60 m/s (250 km/heure environ) et s'étendirent sur une zone plus large aux alentours, difficile à prévoir, le vent soufflant dans plusieurs directions. Lors de l'éruption du *Sakurajima* (en 1914), les cendres furent transportées à près de 1.800 km (hauteur de projection : 7 km); et ce fut une éruption relativement faible.

Citons encore l'exemple des cendres de l'Etna et du Vésuve qui ont été plusieurs fois transportées en Afrique.

Egalement l'éruption survenue en Islande fin mars 1875 fut accompagnée d'une pluie de cendres à Stockholm, c'est-à-dire sur une distance de 1.900 km.

On peut tirer de ces observations les conclusions suivantes :

1° Le transport des cendres légères peut s'effectuer dans plusieurs directions à partir du point d'émission, suivant le régime des vents qui est différent dans la troposphère et dans la stratosphère.

C'est une méconnaissance de l'influence de ce facteur, et une sous-estimation de la puissance explosive qui a été la cause du douloureux accident du Fukuryu Maru [6].

La zone de sécurité avait été établie en tenant compte des vents dominants de la troposphère dans la région, qui soufflaient en direction E-O. Or dans la stratosphère, à 15-20 km de hauteur où le nuage était projeté, les vents soufflaient en sens contraire O-E. C'est ainsi que les pêcheurs japonais ont pu être atteints par les cendres radioactives à 150 km du lieu de l'explosion. Au-dessus de cette zone il existe encore un vent en direction E-O.

D'ailleurs, généralement, le régime des vents est plus compliqué, dans ces différentes zones, et il faut tenir compte de composantes N et S.

5. Voir la conférence de presse du Docteur Wadati, *loc. cit.*
6. *Ibidem.*

Il est donc difficile de déterminer avec précision les régions d l'Océan qui doivent être interdites à la navigation.

2° Les particules fines peuvent rester longtemps dans la stra tosphère (plus de 6 mois). Elles tombent graduellement sur un longue période.

Dans la troposphère elles peuvent tomber avec les pluies ou l neige.

L'accumulation de poussières fines dans la stratosphère pourra intercepter le rayonnement solaire sur une période plus ou moin longue et amener une diminution de température, ce qui peut pro voquer, tout au moins localement, des désordres climatiques préju diciables aux cultures.

Pour le Krakatoa l'effet d'écran a été évalué à 10 %. Et l 21 juin 1954, le Docteur Hidetoshi Arakawa a publié un avertisse ment à ce sujet relativement aux récoltes. Il cite l'exemple du Kra katoa, et de trois éruptions volcaniques au Japon (1902).

Dans le nord du Japon (Hokkaïdo) qui constitue la limite mini mum de température pour la culture du riz, la germination du riz été empêchée à cause de l'effet d'écran produit par les cendres d ces éruptions volcaniques.

Vents et pluies de boues.

Les vents de sables nous fournissent aussi des éléments de com paraison extrêmement suggestifs [7].

On connaît les pluies de boues souvent observées dans la ré gion méditerranéenne et jusque dans la région parisienne, plu généralement dans une zone qui semble circonscrire en partie l continent africain : des îles du Cap Vert (réputées pour leurs brouil lards secs) jusqu'à l'Espagne, la France, l'Italie, la Sicile, l'Egypte l'Arabie. Darwin déjà, dans son voyage autour du monde, ayant ob servé une chute de poussière impalpable au voisinage des îles d Cap Vert, lui assigne une origine africaine : « La direction du vent au moment de la chute de cette poussière, le fait qu'elle tombe tou jours pendant le mois ou l'Harmatan élève à des hauteurs considé rables dans l'atmosphère d'épais nuages de poussière, nous auto risent à affirmer qu'elle vient d'Afrique ».

7. Voir P. Gaubert dans : « Vents de sables et pluies de boues », *Mém rial de l'Office national météorologique de France*, n° 27, Paris 193 [Voir plus loin, présent cahier, 3e partie (*N.d.l.R.*)].

Il semble que le continent africain soit, à l'égard de cette zone, un entre de dispersion du sédiment qui rayonnerait à la faveur de ifférents courants. Ce centre hypothétique pourrait être fixé au voi-inage du lac Tchad. Dans ces mêmes régions le phénomène doit onc se montrer avec une fréquence plus grande, au moins sous a forme sèche.

A l'époque des ouragans d'équinoxe, d'épais tourbillons de sable ont soulevés; les parties légères peuvent cheminer très loin soit ous forme de brouillards secs, soit captées dans les nuages de pluie u de grêle.

On peut citer aussi l'exemple du « Jet Stream » [8], vent qui souffle u-dessus du Japon, et est considéré comme l'un des plus violents lu monde. Il vient de l'ouest, et à une altitude voisine de la stra-osphère, ce vent peut atteindre la vitesse de 40 mètres/seconde, arfois 110 m/sec. (360 à 380 km à l'heure).

Ce vent transporte parfois, depuis la province de Jehol (Chine) les poussières de loess (« Yellow sands ») qui peuvent se répandre en Mandchourie et sur la Corée du Nord.

Conclusion.

On voit donc, du point de vue mécanique, l'analogie des phéno-nènes que nous venons de rappeler avec le transport des nuages adioactifs produits par l'explosion d'une bombe thermonucléaire.

Les poussières (radioactives) provenant de la matière même de 'engin et aussi du sol sur lequel la bombe a éclaté, une fois lâchées lans l'atmosphère, suivent le même sort que les cendres fines pro-etées au cours d'une puissante éruption volcanique, par exemple, u que le sable fin soulevé par les tempêtes des régions désertiques.

De plus, ces particules radioactives, par l'ionisation de l'atmos-hère qu'elles provoquent, sont susceptibles de faciliter la forma-ion de nuages de pluies, de neige, ou de grêle, qui empêchent leur lispersion. Ces nuages sont transportés par les courants aériens ; ls peuvent crever dans des régions fort éloignées du lieu de l'ex-losion, et par conséquent les contaminer.

Communication à la Conférence scientifique sur les dangers atomiques des 1er et 2 juillet 1955, Ann. Rech. Méd., *avril 1956, pp. 457-460.*

8. Voir Conférence de presse du Docteur Wadati, *loc. cit.*

QUELQUES DONNEES SUR L'EVOLUTION DE LA RADIOACTIVITE ARTIFICIELLE DANS LE MONDE

Les documents rassemblés dans les pages qui suivent ont de origines diverses. Nous en avons repris certains dans des publica tions scientifiques. La carte des pluies en France a été dressée pa nous à partir de renseignements chiffrés recueillis dans plusieur publications ou communications scientifiques. Des informations d presse, prises au hasard sans sélection de notre part, ont été ajou tées à titre documentaire.

On notera la remarquable concordance de tous ces élément d'où ressortent à la fois la croissance générale de la radioactivit due aux explosions nucléaires expérimentales et la répartition iné gale de cette radioactivité, qui se concentre dans des foyers d plus grande activité.

Concentrations moyennes du strontium 90 dans l'organisme humain.

(en unités de strontium)

Groupes d'âges	Canada	Royaume-Uni		Etats-Unis	
	1956-1957	1956	1957	1955-1956	1956-1957
Mort-nés 1 mois	0,7 (3)	0,44 (5)	0,55 (42)		
1 mois-1 an	1,6 (2)	0,70 (11)	1,1 (19)		
1 an-5 ans	2,1 (4)	0,83 (13)	1,2 (17)	0,56 (10)	0,67 (30)
5 ans-20 ans	0,1 (1)	0,25 (12)	0,45 (19)	0,26 (17)	0,54 (32)
Plus de 20 ans	0,4 (3)	0,11 (5)	0,1 (4)	0,07 (137)	0,07 (62)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillon utilisés pour chaque groupe d'âge.

Les deux dernières colonnes comprennent quelques données concer nant des pays d'Amérique du Nord autres que les Etats-Unis.

Extrait du Rapport du Comité Scientifique des Na tions Unies, *édition française, p. 119.*

TABLEAU V. — CONCENTRATION MOYENNE DU STRONTIUM 90 DANS LE LAIT (EN UNITÉS DE STRONTIUM) DANS CERTAINES RÉGIONS

Lieux	*1954*	*1955*	*1956*	*1957*	*Réf.*
Canada :					
6 stations [a]			5,0	6,2	48,49
Royaume-Uni :					
Somerset [b]		4,1	4,4	5,1	22,30
Etats-Unis :					
Perry (N.-Y.) :					
Janvier-décembre		1,9	3,3	3,9	92
Août-décembre	1,1	2,2	3,7	4,0	
New-York :					
Janvier-décembre		2,7		4,5	92
Juin-décembre	1,4	3,7		5,0	
State College (Mississipi) :					
Mai-septembre		3,8	4,8		92
Colombus (Wisconsin) :					
Janvier-octobre			3,7	4,2	
Mai-octobre		2,6	4,0	5,3	
Mandan (Dakota du Nord) :					
Janvier-décembre			9,2	16	11
Mai-décembre		7,2	9,1	22	

[a] Dans chaque station, on a comparé des données correspondant aux mêmes mois des deux années ; on a utilisé en tout 57 valeurs.
[b] Valeurs médianes.

TABLEAU VI. — TENEUR EN STRONTIUM 90 (EN UNITÉS DE STRONTIUM) DANS LES CÉRÉALES ET LES LÉGUMES

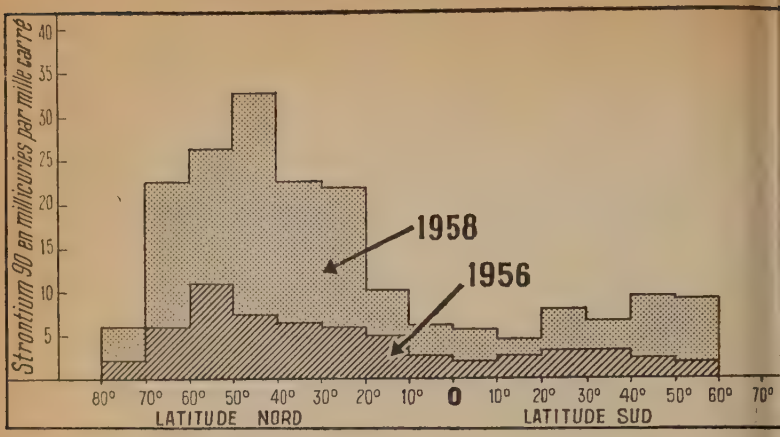
Lieux et types d'aliments	*1956*	*1957*	*Réf.*
Japon :			
Riz blanc	49 (36,62)		23
Riz brun	154 (81–250)		
Farine de blé.....		53	
Blé non moulu.....		162 (153,170)	
Union soviétique :			
Blé, seigle	69 (28–140)		5
Royaume-Uni :			
Légumes		11 (6–35)	30
Etats-Unis :			
Céréales diverses.....	14 (4–38)		
Légumes [a]	8 (1–29)	9 (1–23)	33,50

[a] Les échantillons analysés étaient des légumes congelés industriellement.

Extraits du Rapport du Comité Scientifique des Nations Unies, *édition française, p. 116.*

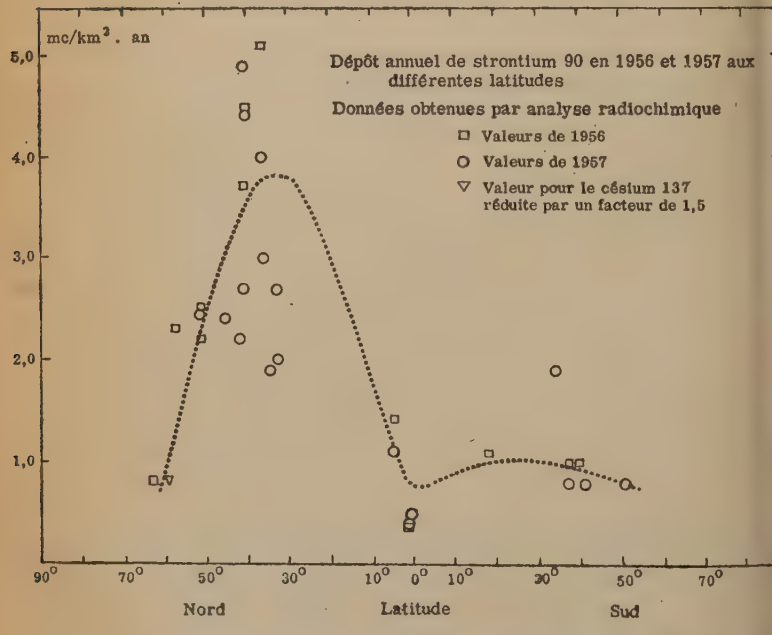
Distribution du Sr90 dans le sol selon la latitude

(valeurs moyennes par bandes de 10°)



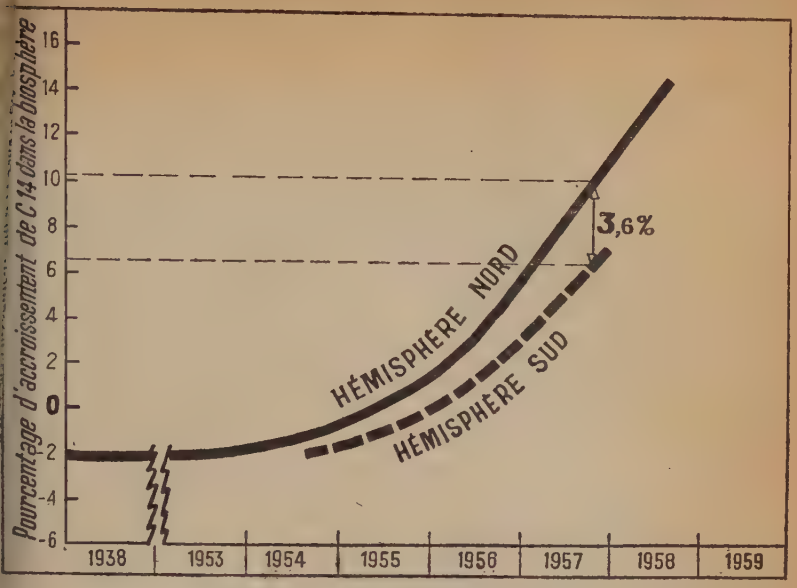
Le rapport de la contamination dans les hémisphères nord et su
passe de 1956 à 1958 de 2,2 à 2,6.

Extrait de : F. Libby, Rapport de la Commissi
de l'Energie atomique des Etats-Unis d'Amérique TI
5556 (unclassified), *mai 1959.*



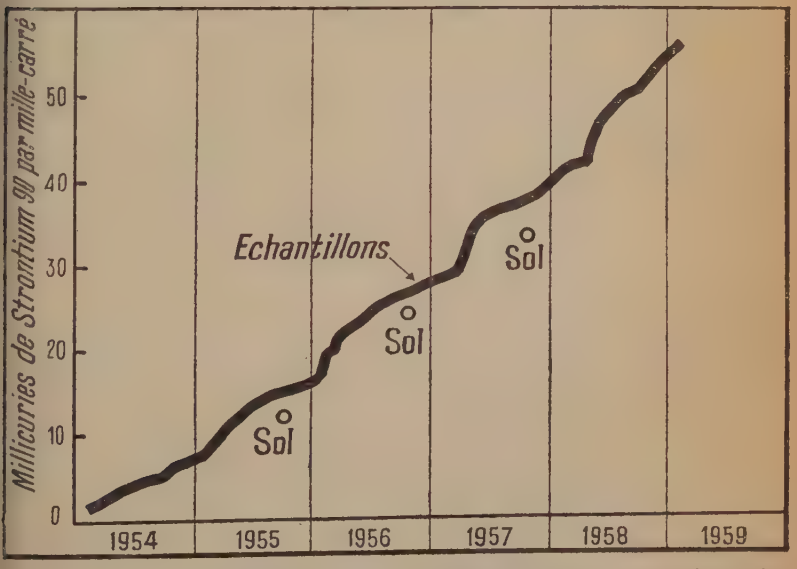
Extrait du Rapport du Comité Scientifique des N
tions Unies, *édition française, p. 110.*

Augmentation du radiocarbone à la suite des essais nucléaires



Extrait de : F. Libby, Rapport de la Commission de l'Energie atomique des Etats-Unis d'Amérique TID 5556 (unclassified), *mai 1959.*

L'accumulation du radiostrontium dans le sol à New-York



Extrait de : J. Z. Holland, Rapport de la Commission de l'Energie atomique des Etats-Unis d'Amérique TID 5554 (unclassified), *mai 1959.*

Répartition du radiostrontium tombé sur la France avec les pluies du 2e trimestre 1959

Cette carte représente la répartition des quantités de strontium 90 retombées avec les pluies pendant un mois au cours du 2e trimestre 1959. Ces quantités sont exprimées en millicuries par km². La partie retenue de façon permanente à la surface du sol dépend de la nature de celui-ci. Les régions du centre, granitiques et volcaniques, retiennent plus le strontium que les terrains sédimentaires et calcaires. La radioactivité due à ces retombées représente plusieurs pour cent de la radioactivité naturelle du sol, et elle s'accroît d'une façon continue. Elle s'élevait à Paris à 7 mc/km² en 1957, est passée à environ 9 en 1958 et 11 en 1959.

Ces derniers chiffres se rapportent aux retombées différées dues aux explosions produites entre 1955 et 1958. Ils correspondent à une moyenne établie sur une région assez vaste et des retombées locales plus importantes restent possibles.

Informations mondiales sur la radioactivité du 14 au 23 octobre 1959

Nous avons rassemblé ci-dessous, à titre documentaire, les dépêches reçues en huit jours, du 14 au 23 octobre 1959, par toutes les rédactions des quotidiens parisiens, et concernant les sujets traités dans ce cahier.

Ces informations ne sont pas reproduites ici pour leur valeur scientifique, qui peut être diverse, mais pour attirer l'attention sur le fait frappant que, dans une période choisie au hasard, au moment de la confection de ce cahier, une dépêche par jour en moyenne est consacrée à ces problèmes. On peut en conclure que l'intérêt porté à la question des effets de la radioactivité artificielle par les organismes compétents et les spécialistes du monde entier est beaucoup plus grand que ne le laisserait croire la simple lecture du nombre restreint d'informations habituellement retenu par la presse quotidienne.

Trois ans après les expériences anglaises, les îles Monte Bello sont encore radioactives.

Perth, 14 octobre (*Reuter*). — Les îles Monte Bello, au large e la côte occidentale australienne, sont encore dangereusement ra-ioactives trois ans après la dernière explosion nucléaire britannique.

Trois hommes de la frégate *Diamantina* ont effectué des tests. s portaient des vêtements spéciaux et sont restés à terre juste le emps suffisant pour recueillir des échantillons.

Les rivières et les puits japonais sont radioactifs

Tokio, 15 octobre (*Reuter*). — Les Japonais ont été mis en arde contre l'eau des rivières, des lacs ou des puits, dont la conta-ination radioactive risque d'être dangereuse.

L'Institut de la recherche atomique du Japon a déclaré qu'un ers de l'eau recueillie a titre d'expérience dans les puits contenait ne radioactivité supérieure au maximum acceptable sans danger elon les normes de la Commission internationale pour la prévention es radiations.

Lorsque les Japonais dépendent des ressources naturelles en au, ils doivent d'abord la filtrer à travers une épaisse couche d'ar-ile, ce qui permet de réduire les radiations d'un dixième.

La proportion de strontium 90 dans les produits laitiers s'est considérablement accrue, annonce un savant japona

Tokio, 17 octobre (*A.F.P.*). — La pollution des produits laitie par le strontium 90 est de trois fois supérieure à celle de l'an de nier, a annoncé aujourd'hui le professeur japonais S. Yuyama, l'Université d'Iwate.

Il a ajouté que cette pollution ne constituait pas un danger i médiat pour le corps humain, mais que si son degré augmentait, e risquerait d'entraîner des troubles héréditaires.

Une jeune Japonaise traitée aux radio-isotopes donne naissance a un monstre

Tokio, 18 octobre (*A.F.P.*). — Un monstre n'ayant qu'un œil, p de nez et la plus grande partie de ses intestins hors de la cav abdominale, a été mis au monde par une jeune femme de 25 a de Mito, au nord-est de Tokio. Le bébé est mort peu de temps apr sa naissance.

La jeune femme avait été traitée aux radio-isotopes pour d troubles graves, six mois avant d'être enceinte.

Un exposé sur le cas de cette jeune femme a été fait par docteur Hajime Murooka, médecin chef gynécologiste à l'hôpi de la Croix rouge d'Omiya, près de Tokio, à l'occasion du 21e co grès de la Société Japonaise d'obstétrique et de gynécologie. Ce c est différent de celui de nombreux monstres nés de femmes ayant é exposées à des radiations atomiques alors qu'elles étaient enceinte Dans le cas de Mito, on pense que les radiations ont provoqué bouleversement ovarien chez la femme avant qu'elle ne soit encein

Les recherches effectuées en Norvège confirment que les retombées radioactives ne restent en suspension dans la stratosphère que six mois environ

Oslo, 20 octobre (*A.F.P.*). — Les recherches effectuées en N vège confirment que les retombées radioactives ne restent pas suspension dans la stratosphère de cinq à dix ans, comme on av pu le croire, mais probablement quelque six mois seulement.

L'Agence Norvégienne de Presse annonce aujourd'hui en effet, ue les travaux entrepris par l'Institut de recherches de la défense orvégienne en collaboration avec l'Armée de l'Air ont abouti à tte conclusion.

Interrogé à ce sujet, M. Thorleif P. Hvinden, chef de l'institut, précisé que les recherches en question n'étaient basées que sur s retombées enregistrées en Norvège à la suite des explosions ato- iques soviétiques de l'automne 1958 au large de la Nouvelle emble. Les résultats obtenus, a-t-il ajouté, ne peuvent sans doute as être généralisés, mais ils coïncident avec ceux qui ont été obtenus n d'autres endroits.

Conférence mondiale sur les pollutions atmosphériques

Londres, 20 octobre (*Reuter*). — Sous le haut patronage du duc d'Edimbourg, s'est ouvert aujourd'hui à Londres la Conférence mondiale sur les pollutions atmosphériques, en présence des délégués de 30 pays, dont la France, les U.S.A. et l'U.R.S.S.

Le Premier Ministre M. Harold Macmillan a adressé ses vœux à la conférence pour qu'elle aboutisse à des résultats.

Pendant trois jours, les délégués étudieront les problèmes relatifs aux pollutions de l'air ainsi que les différentes législations en vigueur sur ce point dans le monde.

Les dents de lait et la contamination par la radioactivité

Chicago, 22 octobre (*U.P.I.*). — Un groupe de recherches sur les effets biologiques de la radioactivité a entrepris de recueillir et d'analyser annuellement 50.000 dents de lait afin de déterminer exactement quelles quantités de strontium 90 peuvent se fixer dans l'organisme d'un enfant par l'air qu'il respire et la nourriture qu'il absorbe et en particulier le lait qui est considéré comme un des principaux agents propagateurs du strontium 90.

Davantage de carbone radioactif au Japon

Tokio, 23 octobre (*Reuter*). — Les savants japonais affirment à la suite de nombreuses observations que la quantité de carbone 14 (radioactif) dans les liquides a augmenté de 15 pour cent depuis cinq ans.

Le carbone 14, produit des explosions nucléaires, est l'un des corps radioactifs les plus dangereux.

C. JEHANNO, O. TANAEVSKY, J. LABEYRIE, E. VASSY

RADIOACTIVITE DE L'AIR ET DES PRECIPITATIONS AU NIVEAU DU SOL DANS LA REGION PARISIENNE

(Mesures portant sur les années 1955 à 1958)

Ce travail décrit les méthodes des mesures de la radioactivi naturelle et artificielle de l'atmosphère et donne les résultats obten depuis 1955 à Saclay, Paris et au Val Joyeux.

Des relations entre la radioactivité naturelle et les conditio météorologiques (température, direction et intensité du vent, pré pitations) sont mises en évidence.

La radioactivité artificielle mesurée dans l'air et dans les pré pitations est surtout importante dans ces dernières où les valeu moyennes portant sur deux années sont 50 fois la dose maximu permise. Cette radioactivité provient surtout de la stratosphère elle s'accumule depuis le début des explosions nucléaires.

Les mesures de la contamination radioactive de l'atmosphère o été entreprises par le Service d'Electronique Physique du C.E.A et par le Laboratoire de Physique de l'Atmosphère de la Faculté d Sciences de Paris, dans le cadre d'un contrat passé avec le Commi sariat à l'Energie Atomique.

La contamination radioactive de l'atmosphère a une double or gine. Une partie de cette contamination est « naturelle », c'es à-dire qu'elle est produite par le radon et le thoron contenus nat rellement dans le sol et qui s'en échappent continuellement; el varie dans des proportions importantes suivant les conditions m téorologiques. La contamination « artificielle » est celle provoqu par les explosions nucléaires ou les accidents survenant aux insta lations nucléaires; elle ne date que de quelques années et dépe des conditions météorologiques ainsi que du nombre et de l'impo tance des explosions qui lui donnent naissance.

Le Laboratoire de Physique de l'Atmosphère de la Faculté d Sciences de Paris possède deux stations pour ces mesures : l'une e

Paris même (quai Branly), l'autre au Val Joyeux, près de Saint-yr, en Seine-et-Oise. Le Service d'Electronique Physique du .E.A. effectue ses mesures à Saclay en Seine-et-Oise.

La station de Saclay se trouve à 20 km environ à l' E.S.E. du al Joyeux et à 15 km au S.W. de la station du Quai Branly.

Les méthodes de mesures utilisées ont été dans la plupart des s normalisées pour ces trois stations afin que les résultats puissent re comparés (...)

Radioactivité artificielle de l'air

La contamination radioactive artificielle de l'atmosphère, en de-ors de celle qui risque d'être produite localement par les installa-ons atomiques, a été jusqu'ici essentiellement due aux explosions ucléaires. Les résidus de ces explosions arrivent au niveau du sol rès un laps de temps très variable (de quelques jours à quelques nées) après avoir été produits, suivant la nature et l'importance de explosion et surtout suivant les conditions météorologiques et le emin suivi. Pour ces produits, les biologistes ont défini une « dose aximum permise » qui pour un mélange de poussières actives origine nucléaire est de 10^{-10} μc/ml d'air.

Les prélèvements d'aérosols radioactifs se font sur filtre fixe environ 1 mètre du sol.

Le Laboratoire de Physique de l'Atmosphère utilise du papier tre glacé de la Cambridge Corporation et 200 m^3 d'air par 48 h nt filtrés lors de chaque prélèvement.

Le S.E.P. à Saclay utilise du papier « bleu » en linters de coton s Papeteries de Cresse et des quantités variant entre 2.000 et 000 m^3 d'air sont filtrées lors de chaque prélèvement. La radio-tivité β des filtres est analysée après la décroissance des produits turels, sous des ensembles du standard C.E.A. avec compteur eiger-Muller ou avec compteur à scintillateurs plastiques.

La détermination des rendements des ensembles de comptage a é faite dans les deux laboratoires en utilisant un échantillon de lorure de potassium de même surface que le filtre et de faible aisseur. La quasi-totalité des émetteurs β que constituent les ré-dus radioactifs au niveau du sol ont des énergies de rayonnement riant entre 0,5 et 3 MeV; le K 40 contenu dans le potassium na-rel a une énergie β de 1,4 MeV. Nous avons considéré que la leur moyenne pour les mélanges de produits de fission était éga-

lement 1,4 MeV. La connaissance des rendements de comptage p met ainsi de traduire l'activité mesurée sur le filtre en activité ré par mètre cube d'air.

La détermination des éléments émetteurs γ se fait à l'aide d spectrographe à un canal déplaçable automatiquement qui donne rectement l'énergie du rayonnement des émetteurs γ collectés les filtres et qui est étalonné avec des éléments d'énergie bien dé minée (Cs137 - Co60).

Cette mesure des émetteurs γ présents dans l'air n'a été f que pour la station de Saclay.

1) *Mesures effectuées au Val Joyeux.*

Les mesures, commencées en 1956, ont été effectuées de fa régulière à partir d'avril 1958. On remarque que l'activité vari

— pour 1956 entre 0,2 et $1{,}4.10^{-12}$ μc/ml
— pour 1957 entre 0,4 et $1{,}9.10^{-12}$ μc/ml
— pour 1958 entre 0,4 et $3{,}9.10^{-12}$ μc/ml

les valeurs moyennes étant :

— en 1956, $0{,}85.10^{-12}$ μc/ml
— en 1957, $0{,}95.10^{-12}$ μc/ml
— en 1958, $1{,}54.10^{-12}$ μc/ml

Le petit nombre de mesures effectuées en 1956 et 1957 rend difficile la comparaison avec les résultats de l'année 1958.

2) *Mesures effectuées à Saclay.*

Des mesures régulières ont été effectuées à partir de 1957.

On remarque que l'activité varie :

— pour 1957, entre 0,1 et 11.10^{-12} μc/ml
— pour 1958, entre 0,35 et 4.10^{-12} μc/ml

Les valeurs moyennes étant :

— en 1957, $1{,}58.10^{-12}$ μc/ml
— en 1958, $1{,}46.10^{-12}$ μc/ml

Les valeurs moyennes sont très proches pour les deux ann et proches également de la valeur moyenne trouvée au quai Bra

Les spectrographies γ effectuées sur quelques-uns des filtres font ujours apparaître quatre éléments principaux.

Ce 141	E_{max}	=	0,15 MeV
Ru 103	»	=	0,5 MeV
Zr 95	»	=	0,75 MeV
Nb 95	»	=	0,76 MeV

L'activité mesurée au niveau du sol est encore très inférieure la dose maximum permise : le dixième de cette dose est rarement teint : la valeur moyenne intégrée pour 1957 et 1958 pour les sta-ons du quai Branly et de Saclay est de $1,5/100^{e}$ de la dose.

Radioactivité des précipitations

Les précipitations jouent un rôle important dans la contamination u sol par les résidus d'explosions nucléaires. En effet, elles col-ctent au cours de leur retombée une bonne partie des aérosols u'elles rencontrent et de ce fait arrivent au sol très chargées d'ac-vité. Cette activité importante agit le plus souvent indirectement ur l'homme en prenant part, à partir des plantes poussant sur le ol, au cycle biologique, d'où la nécessité de mesurer la radioacti-té des précipitations.

Aux stations du Laboratoire de Physique de l'Atmosphère (quai ranly et Val Joyeux) comme à la station de Saclay, les prélève-ents sont faits dans des pluviomètres ayant une surface de collec-on de 1 mètre carré située à environ 1 mètre du sol au Val Joyeux à Saclay et à 1 mètre au-dessus d'une terrasse située à envi-on 15 mètres du sol à la station du quai Branly. Les eaux re-ueillies sont filtrées puis évaporées. L'activité β des résidus de ltration et d'évaporation est mesurée sous des ensembles à comp-eur de Geiger-Muller étalonnés comme précédemment à l'aide de hlorure de potassium.

) *Mesures relatives aux stations du quai Branly et du Val Joyeux.*

Des mesures systématiques de l'activité β des précipitations sont aites depuis 1955. Jusqu'en 1957, seuls les premiers litres d'eau taient prélevés; par suite, la totalité des précipitations a été re-ueillie.

Les valeurs trouvées ont varié :

— pour 1955, entre 0,04 et $0,4.10^{-6}$ µc/ml (valeur exceptionnelle 3,1)
— pour 1956, entre 0,1 et $0,5.10^{-6}$ µc/ml
— pour 1957, entre 0,1 et $2,6.10^{-6}$ µc/ml
— pour 1958, entre 0,2 et $1,6.10^{-6}$ µc/ml

avec comme valeur moyenne :

— en 1955, $0,15.10^{-6}$ µc/ml
— en 1956, $0,23.10^{-6}$ µc/ml
— en 1957, $0,67.10^{-6}$ µc/ml
— en 1958, $0,71.10^{-6}$ µc/ml

A la station du quai Branly, les valeurs moyennes mensuelles de l'activité β des précipitations ont varié :

— pour 1957, entre 0,1 et $1,8.10^{-6}$ µc/ml
— pour 1958, entre 0,2 et 3.10^{-6} µc/ml

avec comme valeurs moyennes :

— en 1957, $0,56.10^{-6}$ µc/ml
— en 1958, $1,17.10^{-6}$ µc/ml

L'activité totale mensuelle tombant par unité de surface a également été mesurée à la station du quai Branly.

Pour 1958, l'activité a varié entre :

10 et 42 mc/km^2 ou 10^{-9} c/m^2

avec une valeur moyenne de :

22,4 mc/km^2

2) *Mesures relatives à la station de Saclay.*

Les prélèvements ont été effectués régulièrement en 1957 et 1958. A cette station, la totalité des précipitations est recueillie. Les activités totales par unité de surface et par mois, ainsi que les activités moyennes mensuelles par unité de volume d'eau recueillie ont été mesurées :

Les valeurs moyennes mensuelles par unité de volume d'eau ont é :

— pour 1957, entre 0,17 et $0{,}9.10^{-6}$ µc/ml
— pour 1958, entre 0,21 et $1{,}12.10^{-6}$ µc/ml

c comme valeurs moyennes annuelles :

— pour 1957, $0{,}43.10^{-6}$ µc/ml
— pour 1958, $0{,}58.10^{-6}$ µc/ml

Les activités totales mensuelles tombant par unité de surface sol ont varié :

— pour 1957, entre 2 et 80 mc/km²
— pour 1958, entre 8 et 60 mc/km²

c comme moyennes mensuelles :

— pour 1957, 25,3 mc/km²
— pour 1958, 32 mc/km²

Conclusion

Les mesures des différents laboratoires concordent bien dans nsemble et montrent que les activités arrivant au sol avec les cipitations sont extrêmement importantes. Les différences entre mesures provenant des diverses stations sont imputables en partie fait que les volumes et les fréquences des prélèvements ne sont rigoureusement les mêmes. A Saclay, toute la précipitation est ueillie et analysée mais souvent le prélèvement n'est fait qu'après sieurs précipitations; si bien que l'activité totale est importante s que l'activité par unité de volume est plus faible.

En effet, aux stations du quai Branly et du Val Joyeux on ne lève pas toujours la totalité du volume et par conséquent les ac-tés par unité de volume sont plus importantes parce que les pre-rs millimètres d'eau prélevés sont en général plus concentrés les suivants en activité. Par contre, les activités totales sont même coup plus faibles. De plus les laboratoires sont éloignés n de l'autre par 20 kilomètres et les précipitations dans un inter-le de temps court ne sont pas réparties de la même façon dans le ps et n'ont pas la même importance. La dose maximum permise

(définie par les congrès internationaux) pour les produits de fis dans l'eau est de 10^{-8} μc/ml et cette dose est constamment et la ment dépassée comme l'indiquent les résultats donnés précédemm Les valeurs moyennes sur deux ans sont de 50 fois cette dos risquent d'augmenter encore si les explosions se multiplient.

Actuellement, même si les explosions cessent, la radioacti peut continuer d'être importante pendant plusieurs années. En e cette radioactivité provient en majeure partie de la stratosphère elle s'accumule depuis le début des explosions. De la stratosp les particules radioactives diffusent lentement ou sont entraînées le sol par les courants atmosphériques. Aussi il importe de conti et même de développer les mesures pour renseigner constamn les physiciens, dont la radioactivité risque de gêner les mesures les biologistes qui en étudient les conséquences.

Journal de Mécanique et de physique de l'a sphère, *janvier-mars 1959, pp. 1-3 et 12-23.* (*Les grammes et figures n'ont pu être reproduits, f de place.*)

MESURE DU RAYONNEMENT GAMMA DU CORPS HUMAIN

Cette étude permet de chiffrer l'important accroissement de la radioactivité naturelle entraîné chez l'homme et dans certains de ses aliments par les retombées radioactives dans la région parisienne.

[*A l'aide d'un appareillage décrit dans une première partie de rticle*] la radioactivité naturelle des individus peut être mise en idence en moins d'un quart d'heure. Sur les spectres, 2 pics se tachent, l'un à 1,5 MeV correspondant au potassium naturel, l'au- à 0,66 MeV correspondant au césium 137 qui provient des re- mbées radioactives. La teneur moyenne de l'organisme humain

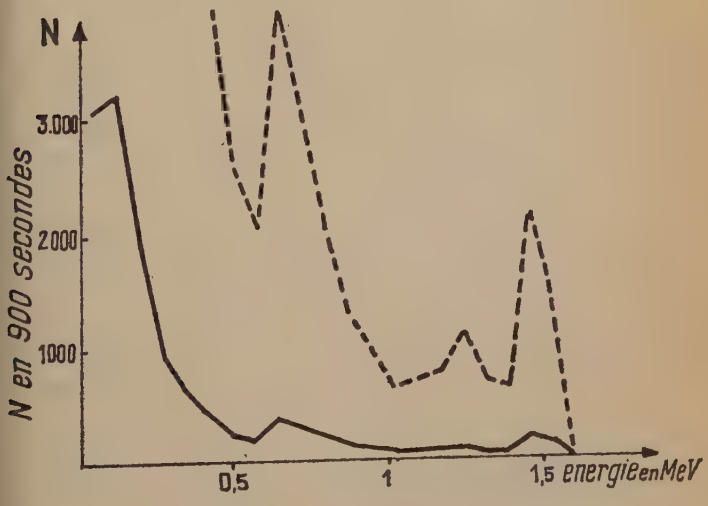


Figure 1. — *Activité naturelle d'un individu.*

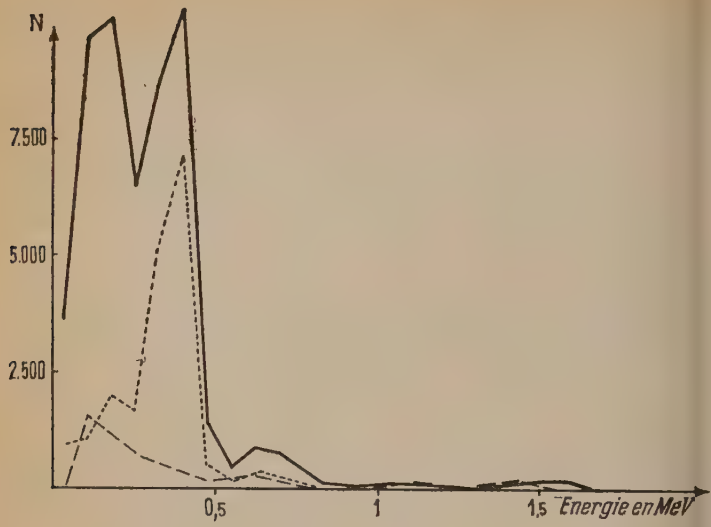


Figure 2. — *Contamination par l'iode 131.*

Légende *a* ——— Mesure au niveau de la thyroïde.
b -------- Source d'iode.
c — — — Sujet normal.

en potassium est de l'ordre de 140 grammes, ce qui corresp environ 10^{-2} microcuries si l'on considère l'activité γ. L'exame la courbe de la *figure 1* établie en quinze minutes montre que activité peut être mise facilement en évidence. La courbe e reté indique les mêmes valeurs que la courbe en trait plein l'échelle des activités est multipliée par 10.

L'appareil étant suffisamment sensible pour mettre en évid la radioactivité naturelle de l'organisme humain, la détection d contamination accidentelle par un émetteur γ peut être effec pour des doses en général inférieures aux doses maxima admissi recommandées par la Commission Internationale de Protection ra logique.

Chez un sujet contaminé accidentellement par l'iode 131, avons trouvé le spectre de la courbe n° 2. La courbe en plein (*a*) est obtenue en effectuant la mesure au niveau de la roïde du sujet. La courbe (*b*) est obtenue avec une source d'i

emarque la raie caractéristique de 0,36 MeV, ainsi qu'une raie s intense aux environs de 0,63 MeV. La contamination était 'ordre de O,4 Q.M.A. [1] soit 0,24 microcurie. La courbe (c) sujet normal permet d'apprécier la sensibilité de l'appareil. des examens en série, il est possible de savoir en deux mi- s si l'organisme d'un individu contient plus ou moins du tiers quantité maximum admissible en iode.

Nous avons également établi] le spectre d'une personne contami- par du cobalt 60 (1,17 et 1,33 MeV). Un spectre a été établi niveau du thorax, un autre au niveau de la tête. Le spectre du lt témoin est semblable à celui observé chez la personne conta- ée, du moins dans la région voisine de 1,2 MeV. Les différences rvées dans les faibles énergies proviennent des variations de la sion du rayonnement. Le rayonnement diffusé est d'autant plus ortant que la quantité de matière traversée est plus grande. La ntité de cobalt a été estimée à 5.10^{-2} microcuries au maximum. ctivité réelle fixée dans l'organisme était certainement bien in- eure à cette valeur, car le sujet était contaminé extérieurement, noins au niveau de la tête.

La courbe d'un sujet présentant une double contamination par de 131 et le cobalt 60, établie au niveau des hanches, montre pic très net à 0,36 MeV et un élargissement discret dans la région potassium. La présence du cobalt est plus évidente sur la courbe enue en soustrayant de la première courbe la courbe d'un indi- u normal. Le pic du cobalt (1,17 MeV-1,33 MeV) se détache tement et le spectre de l'iode est renforcé. Sur la courbe établie niveau de la thyroïde, le pic de l'iode est plus intense alors que ui du cobalt est inexistant [2].

La courbe 3 a été obtenue en examinant une personne conta- née par du scandium 46 (0,89 et 1,12 MeV).

1. Q.M.A. : quantité maximum admissible.
2. Nous nous excusons de n'avoir pas pu reproduire les courbes correspondant aux observations décrites dans les deux paragraphes ci-dessus et d'avoir en conséquence supprimé les passages renvoyant directement aux figures (*N.d.l.R.*).

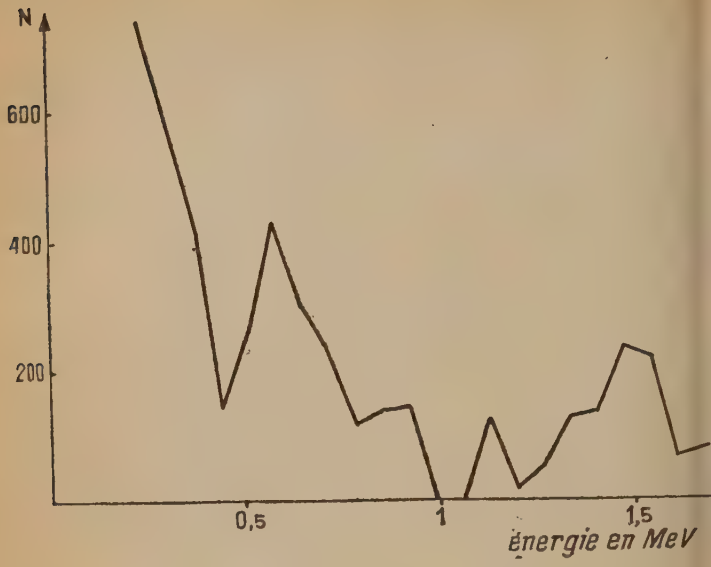


Figure 3. — *Contamination d'un individu par le scandium 4*

Naturellement cet appareil permet d'étudier également la c
mination d'animaux, de végétaux, de matières premières ou
ments. Les courbes n° 4 ont été obtenues fin 1958 sur l'herbe
remarque une contamination très nette qui est due aux produi
fission retombant sur la terre à la suite des explosions nuclé
La courbe 4 (*a*), établie sur de l'herbe récoltée en 1958, m
deux pics, l'un correspondant au ruthénium 103 (0,5 MeV), l'
au mélange zirconium 95, niobium 95 (0,72 et 0,76 MeV).

Ces corps ont une période relativement courte comprise
1 mois et demi et deux mois. Dans la courbe 4 (*b*), établie s
l'herbe récoltée en 1957, les corps à période courte ont dispa
il apparaît un pic à 0,66 MeV. Ce pic est dû au césium 137,
la période est de l'ordre de trente ans et qui, par conséquent, n'

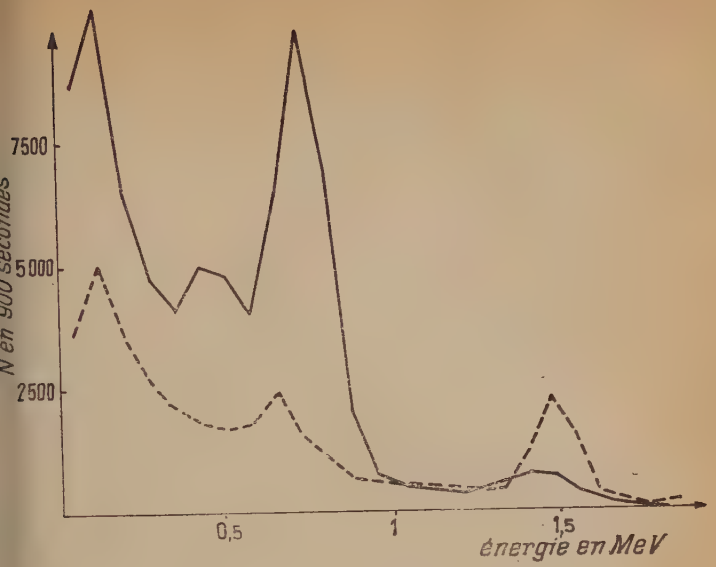


Figure 4. — *Activité de l'herbe.*

LÉGENDE *a* ——— 2,3 kg de farine d'herbe, récolte 1958.
b ——— 2 kg de farine d'herbe, récolte 1957.

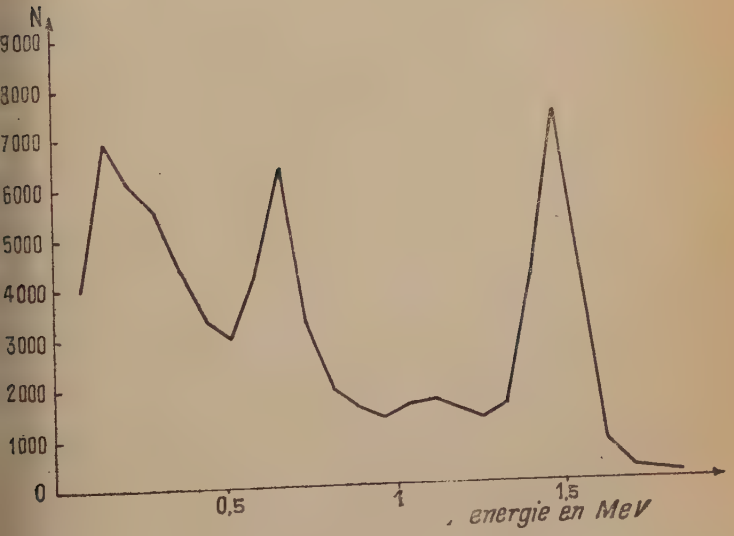


Figure 5. — *Activité du lait en poudre (fabrication octobre 1958).*

décru sensiblement. L'activité notée dans les faibles énergie due au mélange césium 144, praséodyme 144 (période 272 j dont il reste encore environ le tiers au moment de la mesure.

Dans le lait, on note également, en plus du potassium na la présence de césium 137. La courbe 5 a été obtenue avec 2, de lait en poudre contenant 30 g de potassium et 1.200 µµc de césium 137.

Extrait d'une étude publiée par un collabor du service d'électronique physique et deux colla teurs du service d'hygiène atomique et radiopat gique du Commissariat à l'énergie atomique fra (Centre de Saclay). Bulletin d'Informations scie ques et techniques du C.E.A., *n° 30, juin 1 pp. 27-31.*

TCHOULKOV, L. KOURTCHATOVA,
IOUZVOUK, O. VADKOVSKAIA

Sr90 DANS LE SOL ET LA COUVERTURE VEGETALE DANS LES ENVIRONS DE MOSCOU

Le tableau 1 donne les résultats des mesures de Sr90 dans des hantillons de sol pris dans trois rayons suburbains de Moscou [1]. montre que les plus fortes quantités se trouvent dans la couche surieure, entre 0 et 5 cm. La moyenne est de $3{,}5.10^3$ désintégrans par minute par m^2, soit 1,6 millicurie par km^2 de terre en che.

Le taux de strontium 90 trouvé par nous dans la couche superielle du sol est du même ordre de grandeur que celui qu'indiquent s chercheurs américains dans un travail [2] concernant l'année 1955 : urs chiffres oscillent entre $1{,}2.10^3$ et 10.10^3 désintégrations/min/^{2} (0,5 à 5 millicuries/km^2 environ).

Dans les couches plus profondes, aussi bien en sol vierge qu'en l labouré, la quantité de Sr90 diminue rapidement, pour atteine, à 70 ou 75 cm environ, 35 désintégrations/min/m^2. La détermination du Sr90 n'ayant été effectuée que pour les horizons généques [3], l'activité totale en Sr90, compte tenu des horizons intermédiaires, a été obtenue par interpolation graphique. Les différents veaux étant chimiquement hétérogènes, cette méthode ne donne

1. Nous avons omis les premiers paragraphes de cet article, consacrés situer la question et à décrire les méthodes employées. Le rayon est ne division administrative comparable à notre arrondissement. (*N.d.l.R.*)
2. Voir E.R. Hardy and R.S. Morse : *Comparison of Sr90 Fall-out by ummed Film Collection and Accumulation in Soil*, fév. 1956.
3. Cinq niveaux (ou horizons) génétiques ont été explorés : l'humus -5 et 15-20 cm), l'horizon podzolique (25-30 cm), la couche illuviale (70-75 cm), roche mère (145-150 cm).

Tableau 1. — *Teneur en strontium 90 des sols de la régio de Moscou.*

(Moyennes de 3 ou 4 expériences parallèles)

Origine de l'échantillon	Caractère du sol	Couche de 5 cm. prise à la profondeur de (cm)	Activité en Sr 90 (dés./min.) Pour 1,0 kg	Pour 1,0 m^2	Activité totale de Sr par m^2 Ep. couche (en cm)	Activité (dés./min.)
Rayon de Krasnopolianskoie	Coupe 1 Sol de gazon moyennement podzolisé sur terre argileuse lourde de couverture (friches)	0-5 15-20 25-30 70-75	84 22 10 ≠1	$3,7.10^3$ $0,99.10^3$ $0,44.10^3$ ≠=35	75	11.1
	Coupe 2 Sol de gazon fortement podzolisé sur terre argileuse lourde de couverture (terres labourées)	0-5 15-20	55 3	$2,4.10^3$ $0,15.10^3$	20	4,8.1
Rayon de Ramenskoie	Coupe 3 Sol de gazon faiblement podzolisé sur sable fluviatile glaciaire (friches)	0-5 10-15 20-25	76 13 5	$3,3.10^3$ $0,56.10^3$ $0,23.10^3$	25	5,8.1
	Coupe 4 Sol de gazon faiblement podzolisé sur sable fluviatile glaciaire (terres cultivées)	0-5 10-15	64 19	$2,8.10^3$ $0,84.10^3$	15	5,4.1
Rayon de Zvenigorod	Coupe 5 Sol de gazon podzolisé (friches)	0-5	80	$3,5.10^3$	-	-

qu'une appréciation approchée du contenu de Sr90 sur toute l'ép seur du sol. On trouvera l'activité totale sur le tableau 1 (co nes 6 à 7).

La contamination en Sr90 d'un m^2 de sol jusqu'à une profondeur 75 cm est environ de 11.10^3 désintégrations par minute, soit à près 5 millicuries par km^2.

Le tableau 2 donne le résultat de la recherche du Sr90 dans la verture végétale de cinq rayons, dont celui de Moscou. Il montre la teneur en Sr90 est du même ordre dans les diverses régions, dans les céréales que dans les herbages. Le taux moyen par kg erbe sèche est de 1.000 désintégrations par minute, soit $.10^{-10}$ curies. Le taux moyen par m^2 dans la masse verte est de) dés./min , soit 1.10^{-10} curies.

eu où les lantes ont ité prises	Caractères des terres	Végétation	Activité du Sr 90 en dés./min.	
			Pr. 1 kg plantes sèches	Par m^2
ayon de rasnopo-ianskoie	Friches (foins)	Herbes (herbages variés à graminées)	1.060	240
		Racines	380	84
	Terres labourées	Avoines	780	160
ayon de amenskoie	Friches (lisière d'un bois)	Herbes (herbages variés avec Calamagrostis)	970	200
		Herbes et racines	1.480	1.184
	Terres labourées	Seigle (chaume)	580	56
Rayon de Zvenigorod	Friches (lisière d'un bois)	Herbes (herbages variés à graminées)	890	230
		Racines	770	770
Rayon de Krasnogorsk	Friches (foins)	Herbes (herbages à graminées avec prédominance de légumineuses)	1.200	340
Moscou	Friches (foins)	Trèfle	1.000	300

Tableau 2. — *Teneur de la couverture végétale en strontium 90.*
(moyennes de 3 ou 4 expériences parallèles)

Il faut noter que, lorsqu'on recherche la quantité de Sr90 dans plantes, il faut déterminer le contenu du système radiculaire : quantité de Sr90 s'y est révélée importante et surpasse peut-é fortement la quantité contenue dans les parties aériennes.

Dans les échantillons provenant des rayons de Krasnopoliansk et de Zvenigorod, L. Louzanova a déterminé le taux de Ce144 le rayonnement bêta du Pr144. Cette activité est respectivement $13{,}3.10^3$ et de $15{,}5.10^3$ désint./min., soit 6 ou 7.10^{-9} curies kg d'herbe sèche.

Le rapport du nombre des atomes de Sr90 à celui des ator de Ce144 dans l'herbe est de 1,8, c'est-à-dire qu'il est voisin de qu'il est dans l'air, d'après les calculs d'autres auteurs (2,5). C données préliminaires ne confirment donc pas que la couvert d'herbe accumule sélectivement Sr90 de préférence à Ce144.

Une grande attention doit être attachée au résultat de la com raison de la teneur de la couche superficielle du sol en Sr90 m^2 avec l'activité de la couverture végétale par m^2. Si, dans rayon de Krasnopolianskoie, la quantité de Sr90 dans la végétat est de 7 à 8 % de ce qu'elle est dans le sol, dans deux autres rayo elle est de 30 à 35 % (les plantes ont été prises avec leurs racine C'est pourquoi une approximation préliminaire de la contaminat d'une localité peut être utilement obtenue par l'analyse de la ten en Sr90 des végétaux vivaces. Cette analyse est plus simple et p facile que celle du sol.

En outre, il s'agit là d'un des indices principaux de la cor mination de la biosphère. Le rapport trouvé entre la teneur en S des plantes et du sol montre que la contamination des plantes produit apparemment surtout par dépôt direct de Sr90 en pro nance de l'atmosphère. Libby est parvenu à la même conclusio

Il sera nécessaire de procéder ultérieurement à des recherc plus minutieuses sur la loi d'accumulation du strontium dans couche superficielle du sol et dans les plantes.

Potchvovedenie (Pédologie), *Moscou, 1957, pp. 31-34.*

4. Voir W.F. Libby : « Radioactive Fall-Out and Radioactive St tium », *Science*, V, 123, N. 319, 1956.

5. Avec la participation de G. Chichkina et S. Grouchina.

DETERMINATION DE LA RADIOACTIVITE DE L'AIR EN ALLEMAGNE

A la suite des expériences nucléaires réalisées au cours des derres années, il est possible de déceler en tous lieux dans l'atmoière des particules radioactives provenant de ces explosions. L'Inst d'étude des poussières et des matériaux radioactifs en suspension commencé en avril 1956 à effectuer des contrôles courants de ir atmosphérique à proximité du sol au point de vue de sa teneur corps radioactifs. Ces mesures ont été faites d'après la méthode iltration d'O. Haxel [1]. En 1957, ces contrôles ont été effectués nstamment dans plusieurs stations réparties sur le territoire de République démocratique allemande (*fig.* 1), en collaboration avec Service météorologique et hydrologique de la R.D.A. On a égalent entrepris la mesure des précipitations ainsi que des retombées obales déposées sur la surface terrestre par sédimentation les urs sans précipitations. Une comparaison des mesures faites en 57 dans les différentes stations a montré que les résultats étaient atiquement identiques. On n'a pas observé de pics locaux qui raient permis de conclure au passage de nappes radioactives étroinent limitées. La concentration moyenne des corps radioactifs de ngue période mesurés dans l'air a été pour toutes les stations de rdre de grandeur de 10^{-12} $\mu c/cm^3$. Un essai de comparaison des sultats de 1957 avec les mesures faites en 1956 à Berlin-Friedrichshagen montre un accroissement de la radioactivité artificielle e longue période) de l'atmosphère.

1. Voir O. Haxel : Z. *angew. Phys.*, 5 (1953), pp. 241-242.

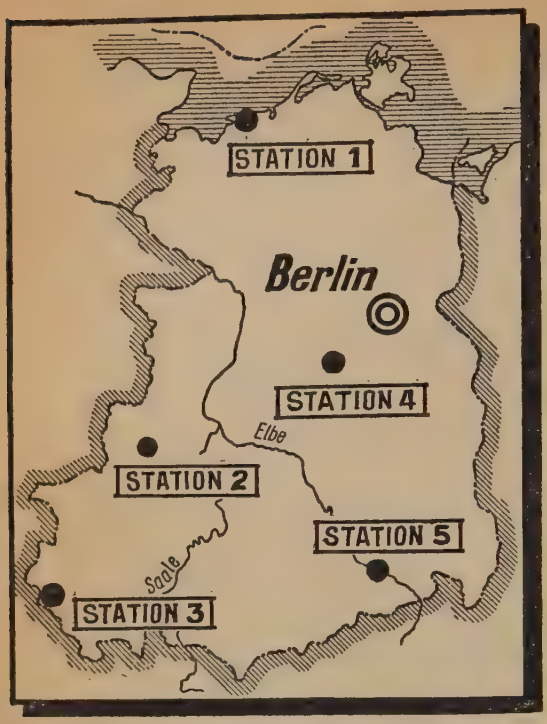


Figure 1

Emplaceme
des statio
de surveilla
de l'air.

De l'activité du rayonnement obtenue, on ne peut naturelle
tirer aucune indication suffisante sur le danger éventuel d'irr
tion provenant des expériences nucléaires déjà réalisées. La fi
de l'uranium 235 donne naissance à environ 80 isotopes radio
différents, dont l'activité biologique est extrêmement diverse.
parvenir à une estimation des dangers possibles, il faut conn
le pourcentage des composantes biologiquement actives du rayo
ment. On a besoin pour cela d'une méthode de séparation m
analytique très précise et très sensible, dont il sera parlé plus
On peut procéder à une évaluation grossière de la composition
aérosol radioactif sans séparation des composantes, en employa
méthode de Hunter et Ballou [2], si l'âge de l'aérosol est connu.
tefois, il faut alors faire l'hypothèse que les différentes compos
radioactives proviennent toutes d'une seule et même explosio

2. Hunter et Ballou : *Nucleonics*, nov. 1951, C. 2 à C. 7.

De telles évaluations sont naturellement très imprécises, d'au-nt plus que les produits à longue période provenant de fissions ıtérieures interfèrent de plus en plus avec l'aérosol radioactif origine plus récente. Les essais de détermination des isotopes ologiquement importants par des mesures d'absorption n'ont pas ɔnné plus de satisfaction.

Cependant, l'âge d'un aérosol radioactif, outre une évaluation ossière de sa composition, permet d'autres conclusions intéres-ntes. Ainsi la fixation de l'âge permet, par exemple, d'attribuer s pointes d'activité constatées sur les courbes à une explosion net-ment déterminée. Cette possibilité est d'une grande importance pour étude de la propagation des nuages radioactifs. C'est pourquoi ous donnerons les déterminations d'âge pour les cas examinés par ous. Elle se fait simplement d'après la loi donnée par Way et Vigner [3]. D'après cette loi, l'activité d'un mélange de produits de ssion évolue approximativement selon la relation

$$A = A_o t^{-1,2}$$

ù A est l'activité mesurée, A_o l'activité au temps $t = o$, t le temps.

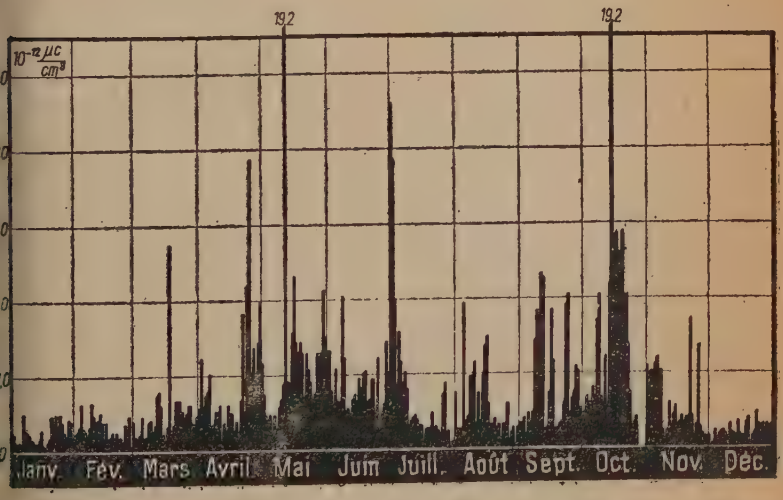


Figure 2. — *Concentration de la radioactivité artificielle de l'air en 1957 à Berlin-Friedrichshagen.*

3. Way et Wigner : *Phys. Rev.*, 73, 7 (1948), pp. 1318-1330.

Les résultats des mesures effectuées en 1957 sont représe
graphiquement sur la *figure 2* [4]. Les différentes courbes sont très
ches les unes des autres. Les valeurs maximales observées tomb
pour l'essentiel dans les mêmes intervalles de temps et sont f
lement attribuables aux séries d'essais nucléaires qui ont eu l
Une constatation intéressante a pu être faite à propos de la po
d'activité observée en octobre. Cette haute concentration ne
vient pas, comme les autres pointes, d'une explosion d'arme

Figure 3. — *Comparaison des mesures faites en 1956 et 1957.*

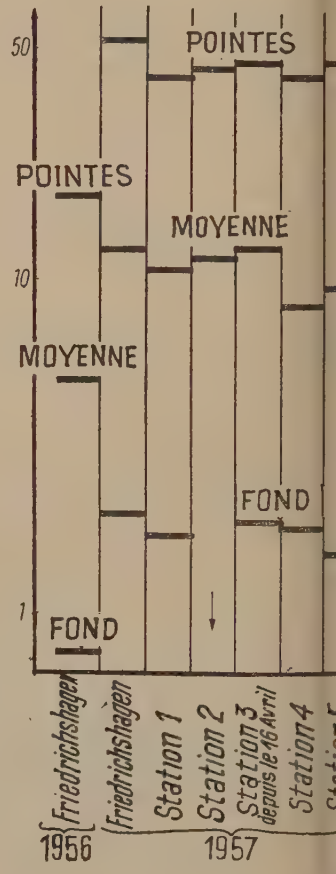


Figure 4. — *Comparaison des mesures faites dans les différentes stations.*

4. Le manque de place nous contraint à ne reproduire ici qu
des six courbes correspondant aux six stations de mesure. (*N.d.l.R*

éaire, mais, indubitablement, de l'accident qui s'est produit à usine anglaise de plutonium de Windscale (...)

Afin d'avoir une idée approximative de l'augmentation de la ra-ioactivité de l'air, les valeurs moyennes obtenues dans les diverses :ations de R.D.A. ont été rassemblées sur la *figure* 3. On a indiqué, utre la concentration moyenne annuelle, les concentrations mini-nales et maximales. Ces dernières ont été définies arbitrairement omme la moyenne de 5 % des valeurs (les plus basses et les plus levées) obtenues. La comparaison entre 1956 et 1957 montre une ette augmentation, du double environ. Si l'on considère les stations éparément, on constate que l'on a encore des valeurs très pro-hes les unes des autres (voir *fig.* 4). De ce fait résulte d'abord que es particules radioactives provenant des essais d'armes nucléaires ont réparties uniformément dans l'air sur le territoire de la R.D.A. On n'a pas décelé de nappes radioactives étroitement limitées loca-ement [...]

En résumé, on a établi que la radioactivité artificielle de l'air provenant des retombées globales a été en 1957, sur le territoire le la R.D.A., de $1{,}4.10^{-12}$ $\mu c/cm^3$ en moyenne. Cela représente le louble de la radioactivité de l'année précédente. Par rapport à la adioactivité naturelle de l'air qui provient de la désintégration des produits venant de l'émanation du radium et du thorium, elle est le 1/100; elle est de 1/1000 de la concentration maximum ad-nissible. Sans doute la crainte que n'interviennent des lésions so-natiques est-elle faible. Dans quelle mesure des lésions génétiques sont-elles déjà causées, cela exige un travail de recherche approfondi et vaste pour le savoir. L'extension de la retombée globale sur le erritoire de la R.D.A. a été essentiellement régulière. En procé-dant de façon continue à la séparation des poussières et aux me-sures nécessaires, on pourra déceler des particules isolées à haute adioactivité spécifique.

Extrait d'une étude, « Bestimmung des Künstlichen Radioaktivität in der Luft », publiée dans la revue Kernenergie, *1959, 1, pp. 8-13.*

LES RETOMBEES EN ITALIE

Sur la base des données officielles sur les retombées radioactiv
moyennes, selon les révélations apportées de juillet à décembre 19
sous le contrôle du Centre National de Recherche Nucléaire, q
a coordonné les résultats des relevés dans 17 centres dissémin
dans des régions variées du territoire national, l'Agence Italia éc
que dans toute l'Italie la concentration des matériaux radioactifs p
l'effet de la retombée de strontium 90, césium 137 et carbone
en conséquence des explosions atomiques expérimentales a augmen
en moyenne d'environ 20 fois de la fin de l'année 1956 au 31 d
cembre 1958. En outre, durant le second semestre de l'année passé
la concentration des produits dérivés des fissions nucléaires inco
trôlées a pratiquement doublé sur le sol, dans les plantes et les a
maux existant sur toute la superficie de notre pays.

Extrait de Un grave rischio per la popolazione it
liana, *Rome, 1959, p. 23.*

3e Partie

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES EFFETS D'UNE EXPLOSION NUCLEAIRE AU SAHARA

Cette partie rassemble des éléments pour un dossier sur l
effets d'une explosion nucléaire éventuelle au Sahara.

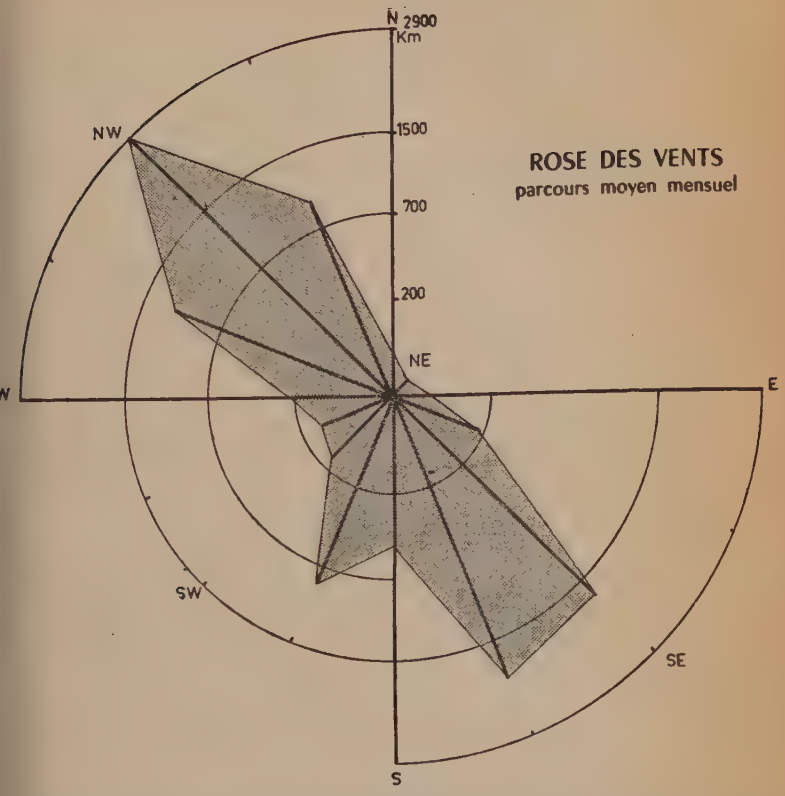
Elle reprend d'abord quelques données classiques sur le régim
des vents et des pluies dans la région intéressée, desquelles il re
sort que le transport des éléments radioactifs dus à cette explosi
se ferait en tous sens vers des lieux habités par de fortes concentr
humaines. Ces données concernent essentiellement les « pluies
boue » dont les éléments solides proviennent, au moins partiell
ment, du Sahara, et qui tombent de temps en temps sur le pourto
du bassin méditerranéen, notamment en France.

Une contribution originale de savants tchécoslovaques fait e
suite le point des connaissances actuelles sur le trajet vraisemblab
des particules radioactives projetées dans l'atmosphère par u
explosion nucléaire au Sahara.

On trouvera ensuite le texte de l'intervention du délégué du M
roc à l'Assemblée générale de l'ONU, lors de la récente discussi
de la question de la bombe A française du Sahara, texte qui dévelop
une argumentation scientifique et des considérations humaines q
représentent dignement le point de vue des populations riverain

Nous avons enfin rassemblé quelques faits mis en avant par d
spécialistes italiens en relation avec les répercussions prévisibl
d'une telle explosion dans leur pays.

LA DIRECTION DES VENTS AU SAHARA



Cette rose des vents indique l'ampleur des différents vents à basse altitude en 1957 à la station météorologique de Bakhadda, située par 1°20' de longitude Ouest et 29° de latitude Nord, c'est-à-dire dans le voisinage du lieu choisi pour une explosion nucléaire éventuelle au Sahara.

La longueur des gros traits noirs indique la quantité de vent en provenance du point cardinal indiqué à leur extrémité. On voit que ces vents portent, par ordre d'importance, en direction de l'Afrique équatoriale, du Maroc et de l'Algérie.

Extrait du Recueil climatologique *1956-1957 publié par la Direction de l'hydraulique et de l'équipement rural de la Délégation générale du gouvernement en Algérie, Birmandreis 1958, p. 150.*

Maurice BERENGER

ESSAI D'ETUDE METEOROLOGIQUE DU BASSIN MEDITERRANEEN

Perturbations du nord-ouest de l'Afrique

Ces perturbations se forment soit sur le littoral de l'Afrique d Nord française, soit sur l'intérieur au Sud de l'Atlas ou sur la Tri politaine et la Cyrénaïque. Elles peuvent aussi se produire su l'Egypte, mais elles sont alors moins vigoureuses et se déplacer vers l'Est ou le Sud-Est, cessant assez rapidement d'intéresser l bassin méditerranéen, à l'arrière cependant l'instabilité peut s'éten dre assez Sud. Ce sont soit des ondulations sur la partie postérieur d'un front froid de N.W. ayant traversé la Méditerranée, soit de perturbations du front méditerranéen ou du front saharien.

Lorsqu'il y a des pressions relativement élevées sur l'Europe il y a sur le Nord-Ouest de l'Afrique une zone frontale diffuse entr l'air polaire qui a récemment traversé la Méditerranée et l'air tro pical continental ou l'air qui a été modifié par un séjour sur le cont nent africain. Il se produit alors une ondulation avec creusemen d'une dépression. L'ondulation sur la partie Sud d'un front fro ayant traversé la Méditerranée occidentale peut aussi se produire pa creusement d'une dépression « sous le vent » des chaînes de l'Atla

L'air chaud d'une telle perturbation est constitué soit par l'air tropical continental soit par de l'air polaire modifié. Il est dor très sec. Les nuages sont généralement peu abondants. Ce sont

lus souvent, principalement sur l'Afrique, des nuages élevés et des uages moyens à caractère cumuliforme, (CM8-CM9). Sur la Méditerranée, où l'air a déjà reçu de l'humidité, il peut se produire quelques pluies au nord du centre de la dépression, mais la zone pluieuse est généralement peu étendue. Le front froid est au contraire bien net avec des averses sur le front et à l'arrière. La subsidence se produit assez rapidement, donnant le matin de nombreux strato-cumulus sur les côtes.

Le caractère dominant de ces perturbations est la présence de vents de sable. En effet, à l'avant du front chaud et dans le secteur chaud les vents de secteur Sud sont ordinairement forts et donnent souvent lieu à des tempêtes de sable étendues et persistantes. Le passage du front froid est marqué par une rotation nette des vents à Nord-Ouest. Mais ils sont généralement assez forts pour faire persister du vent de sable pendant un certain temps.

Lorsqu'une telle perturbation se déplace vers le Nord-Est, vers les Balkans, elle se renforce. Il y a soulèvement de l'air chaud, soulèvement dû à la fois à l'air froid continental européen et au relief. Il y a alors augmentation de la nébulosité, formation de couches nuageuses importantes avec des nuages bas et de fortes précipitations. Ces conditions peuvent aussi intéresser l'Adriatique et le sud de la péninsule italienne.

C'est au printemps que ces dépressions sont les plus nombreuses. Elles ont alors une trajectoire assez Sud. En automne et en hiver elles se forment plus Nord et ont une trajectoire plus maritime, donnant ainsi des nuages bas et des pluies sur l'Adriatique et sur la mer Egée.

Un cas très intéressant de perturbation saharienne est celui des 13-14-15 mars 1953. La masse d'air constituant le secteur chaud était alors de l'air équatorial, masse d'air très rare sur le bassin Méditerranéen et même sur le Nord Sahara. Cette masse d'air est très uniforme dans le temps et dans l'espace. Elle est caractérisée par une température élevée et une forte humidité avec une instabilité convective prononcée. La perturbation ainsi formée était très vigoureuse, donnant des chutes de pluie abondantes, des orages et vent de sable sur le Sahara et le littoral de l'Afrique du Nord. C'est ainsi que sur le Sud algérien on a noté jusqu'à 20 mm de pluie en vingt quatre heures. La figure 1 montre cette situation.

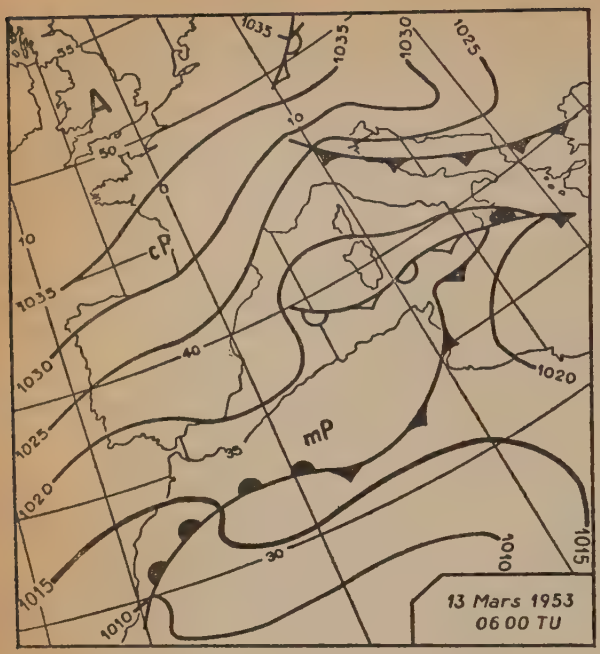


Figure 1

Perturbation du Nord-Ouest de l'Afrique.

Creusement sur Nord Sa hara marocain dépression s déplaçant en suite vers l N.-E. avec for tes pluies su le Sahara e l'Atlas.

Le sable

Un des caractères météorologiques les plus importants du Sud Est du bassin méditerranéen est la réduction apportée à la visibilit par le sable. Cette réduction peut se produire de deux manière différentes.

La première et la plus importante se produit lorsqu'il y a de vents forts associés à une dépression se déplaçant vers l'Est d bassin. Ces vents forts se produisent, le plus souvent, à l'avant e dans le secteur chaud des perturbations du Nord-Ouest de l'Afrique mais ils peuvent aussi avoir lieu à l'avant d'une forte dépression s déplaçant sur la Méditerranée. Lorsque les vents forts se produisen sur le désert, le sable est soulevé à des altitudes assez élevées qu peuvent atteindre au moins 3.000 m et est transporté sur de grande étendues. Les visibilités peuvent ainsi être réduites sur le désert e ses abords à des valeurs assez basses (50 à 100 m) sur des espace aussi étendus que de la Lybie à l'Egypte. Ces mauvaises condition peuvent persister pendant plusieurs jours et se déplacent généralement avec la dépression. Lorsque le front froid est passé, le sab

siste pendant un certain temps, il cesse généralement quelques ures après.

Le sable soulevé en altitude peut être porté à d'assez grandes tances vers le Nord, donnant une brume de sable en altitude i peut être prise pour un voile d'altostratus par un observateur n averti. Lorsque la situation en altitude est favorable, cette ume de sable peut remonter jusque sur l'Europe occidentale ou ntrale, y donnant des « pluies de boue ».

Ces vents de sable généralisés, liés aux systèmes dépressionires sont une gêne sérieuse pour l'aviation, non seulement parce 'ils empêchent l'atterrissage sur de grandes étendues et pendant e période assez longue, mais aussi parce qu'ils peuvent s'étendre des altitudes assez élevées et gêner ainsi les avions en vol. Leur équence est la plus grande au printemps, saison du maximum de équence des perturbations du Nord-Ouest de l'Afrique. Ils ne se oduisent pas en été.

Le sable peut aussi réduire la visibilité d'une autre manière qui un caractère beaucoup plus local et plus temporaire, les tourbillons e sable. Ceci se produit lorsque des vents localement assez forts manifestent. Ils soulèvent alors le sable à quelques centaines de ètres et sur un petit espace. La visibilité est alors très variable abaissant généralement vers 200 à 500 m, mais il se produit des ccalmies temporaires permettant l'atterrissage. Ces mauvaises visiilités se produisent généralement au début de l'après-midi, aux enirons du midi local, lorsque le vent et la convection sont les plus orts. La nature du terrain et la végétation influent beaucoup sur présence de ces tourbillons de sable. Au contraire des tempêtes e sable qui se produisent par vents de Sud-Est à Sud-Ouest, ces ourbillons de sable se produisent par n'importe quelle direction. La orce du vent nécessaire à un tel phénomène est variable suivant le errain et la végétation. En général, il faut une vitesse de l'ordre de 0 nœuds, mais lorsque le sable est libre et sans végétation 15 nœuds euvent suffire.

Ce phénomène peut se produire en toute saison, mais il est plus réquent au printemps et en été.

Remarque. — Ce court paragraphe ne donne qu'un aperçu de ce oblème complexe qu'est le « vent de sable », problème qui méiterait de plus amples développements. En effet, sous cette dénomiation générale nous trouvons des phénomènes assez divers tant dans leur forme que dans leur intensité, phénomènes ayant des cau-

ses dynamiques et thermiques : la force du vent, sa turbulence, soulèvement, le réchauffement peuvent intervenir, soit séparéme soit simultanément. Aussi, en accord avec l'Atlas International d Nuages (janvier 1955), pouvons-nous adopter la classification s vante : *a*) les tourbillons de sable, comprenant les tourbillons th miques purs, les tourbillons à la surface de discontinuité de de courants bien différenciés, les tourbillons dus au relief et les to billons associés aux cumulonimbus (tornades ou Haboobs); *b*) chasse-sable, qui est cette forme de vent de sable généralement t étendue dans le temps et dans l'espace, en relation avec les dépr sions; *c*) le mur de sable, qui est lié à un front froid; et *d*) la bru de sable en altitude.

Le sirocco

Ce nom est donné en général aux vents chauds de Sud ou Sud-Ouest. Le terme « Sirocco » s'applique plus particulièrem au vent de Sud à l'avant d'une dépression saharienne, dans l' tropical continental. C'est ainsi sur l'Afrique un vent chaud et t sec. Il est généralement porteur de sable, ainsi que nous l'avons vu chapitre précédent. Pendant son trajet sur mer, il se charge d'hu dité dans les basses couches et se présente ainsi sur les côtes N comme un vent chaud et humide. Il peut y donner des brouilla et des stratus bas par refroidissement par la base. Sur les cô nord, des masses nuageuses assez importantes peuvent se dé lopper, là où il est soulevé sur les surfaces frontales (...)

Le Sirocco se produit ordinairement à l'avant des dépressions Nord-Ouest de l'Afrique ou de l'Ouest méditerranéen. Il persi ordinairement plusieurs jours de suite.

Ces trois passages sont extraits du numéro Mémorial de la Météorologie nationale *consacré à* Essai d'étude météorologique du bassin méditer néen, *publié en 1955 à Paris par le Ministère* Travaux Publics, Direction de la Météorologie nat nale. *On les trouvera aux pages 27-30, 35-36 37-38.*

PLUIES DE BOUE ET DE MATIERES DIVERSES

Les chutes de boues et de matières étrangères, en général, ont, s l'antiquité, vivement préoccupé les esprits. On y a vu, au début, e manifestation de la volonté divine, que l'on a d'ailleurs interétée diversement, suivant les circonstances heureuses ou malureuses qui les ont accompagnées. Dans les pays agricoles, le fait été souvent accueilli avec joie comme présage de prospérité. Ce est guère qu'après le Moyen Age que l'on a cherché à le rattacher une idée scientifique et à en rechercher l'origine. Mais les travaux s plus intéressants — comme pour la plupart des questions scieniques — viennent après la découverte du microscope, qui a peris l'étude des sédiments éoliens, et, d'une façon plus générale, s poussières de l'atmosphère. Dans un autre ordre d'idées, les mmortels travaux de Pasteur et le long débat sur la génération ontanée témoignent de l'importance de cette révolution dans les iences

L'atmosphère, en effet, tient en suspension normalement une rofusion de corpuscules microscopiques qui tombent lentement sur us les objets qu'elle a entraînés par son propre mouvement.

Ce sont les déchets de l'activité vitale, déchets des industries, cendres de la vie », ou les résidus de l'érosion de tous les corps norganiques sous l'effet des agents naturels.

A côté de ces manifestations normales et continues, on observe arfois des phénomènes plus importants dans leur apparition massive, dus à la présence dans l'atmosphère de quantités innombrales de matières pulvérulentes, qui, soit par leur flottaison apparente, oit par leur chute rapide donnent lieu à des effets remarquables

(pluies ou neiges colorées, pluie de sang, pluie de lait, pluie d'enc obscurcissement de l'atmosphère, brouillards secs, colorations pa culières du ciel, lueurs crépusculaires, queue des comètes, chute météorites, etc.).

Ces apparitions variées et intermittentes, et, d'autre part, c tains corpuscules *normaux* de l'atmosphère, ont été souvent att bués à une même cause ; c'est l'origine de longs débats scientifiqu clos seulement au cours des dernières années.

Ainsi, suivant le caractère apparent du phénomène, suivant composition du sédiment qui en est la trace, on assigne aux « plu de matières » une des origines suivantes :

1° Elles peuvent avoir une origine cosmique et provenir de fragmentation des météorites extraterrestres ;

2° Elles peuvent provenir des cendres des volcans ;

3° Elles peuvent être dues à des incendies ou des combustion

4° Elles se distinguent des pluies plus particulières d'organ mes vivants ou fossilisés ;

5° Elles peuvent provenir d'éléments arrachés aux sols aride particulièrement à ceux des déserts. C'est le cas le plus géné semble-t-il.

L'origine saharienne des pluies rouges.

Cette hypothèse est si couramment admise à notre époque qu convient de rechercher, au moins dans les exemples les plus réce et dans le cas concret que nous avons pu observer et étudier, faits qui peuvent militer en sa faveur.

L'illustre philosophe naturaliste Darwin, dans son voyage a tour du monde, observa au voisinage des îles du Cap Vert une ch de poussière impalpable. Bien que le professeur Ehrenberg n' retrouvé dans l'échantillon qu'il lui fit parvenir aucune forme d' fusoires particulière à l'Afrique, Darwin lui assigne une origi africaine : « La direction du vent, au moment de la chute de ce poussière, le fait qu'elle tombe toujours pendant le mois où l'H matan élève à des hauteurs considérables dans l'atmosphère d'ép nuages de poussière, nous autorisent à affirmer qu'elle vi d'Afrique. »

Si on jette un coup d'œil sur la répartition géographique pluies de boue, si, plus simplement, on complète par des donn récentes la carte que publia Ehrenberg — bien que certaines chu

tées par Ehrenberg ne puissent rentrer dans le cadre des pluies origine terrestre — on remarque une zone plus souvent atteinte et i semble circonscrire en partie le continent africain; des îles du ap Vert à qui la persistance des brouillards secs a valu le nom de er des ténèbres, jusqu'à l'Espagne, la France, l'Italie, la Sicile, Egypte, l'Arabie et Madagascar où le phénomène a été peu de fois gnalé.

Il semble donc que le continent africain soit, à l'égard de cette ne, un centre de dispersion du sédiment qui rayonnerait à la veur de différents courants. Ce centre hypothétique pourrait être té au voisinage du 20° latitude Nord, à la hauteur du Lac Tchad. ans ces mêmes régions, le phénomène doit donc se montrer avec ie fréquence plus grande, au moins sous sa forme sèche.

s brouillards secs.

M. Tilho eut l'occasion d'observer les brouillards secs dans la gion du Niger, du lac Tchad et dans le Sahara oriental. Les obser- tions qu'il fit au poste de Faya (Sahara oriental) pour la période mprise de mai 1914 à avril 1917, trois fois par jour (6 h, 12 h, h) lui ont permis de noter les conditions de leur formation.

1° Ils se produisent par une extrême siccité de l'atmosphère. xceptionnellement (deux fois notées en trois ans), ils se sont pro- uits par un temps relativement humide.

2° Ils peuvent être observés toute l'année.

Cependant, leur fréquence est plus particulièrement grande pen- nt le semestre compris entre le solstice d'hiver et le solstice d'été - époque de l'année où règnent les vents de Nord-Est soufflant avec olence et continuité par périodes de plusieurs jours.

Les brouillards secs sont relativement rares d'août à novembre, oque correspondant à des vents d'Ouest et de Sud-Ouest.

Ces brouillards n'arrivent pas à voiler complètement le soleil, les étoiles au-dessus de la troisième grandeur (dans un cercle de)° à 40° autour du zénith).

3° Conditions d'existence.

Ils se lèvent presque toujours très rapidement sous l'effet d'un up de vent. Ils ne persistent que si la vitesse du vent reste égale supérieure à 8 mètres ou 10 mètres. En deçà comme au delà de tte valeur, les brouillards ne peuvent persister; ils tombent, ou sont

remplacés par des brouillards légers. La poussière déposée, la tra parence de l'air devient très grande, la visibilité dépasse coura ment 100 à 120 kilomètres.

Les tempêtes de sable.

Elles sont dues à de véritables ouragans soulevant d'épais to billons de sable. Leurs effets sont de déplacer sur le sol de pe cailloux de la grosseur d'une noisette ; à hauteur d'homme passe en rafales, des volées de petits cristaux de quartz qui donnent visage une désagréable sensation de piqûre ; cette sensation s'attén à 3 mètres de hauteur.

M. Tilho signale, en outre, au cours de ces tempêtes de sab une électrisation très nette des corps conducteurs. Les raccords cuivre des montants de tente pouvant donner des étincelles 1 millimètre, une antenne de T.S.F. longue de 150 mètres, d étincelles de près de 1 centimètre.

Dans certaines régions sahariennes où le sable est particuliè ment ténu, comparable à de la cendre, les brouillards secs att gnent au cours des tempêtes des épaisseurs telles que la visibil devient nulle à moins d'une dizaine de mètres.

Quelle relation trouver entre ces phénomènes et les pluies co rées de la région méditerranéenne ?

Si l'on recherche la fréquence des pluies de boue, on s'aperç qu'elles se produisent de préférence aux époques équinoxiales, av une dominance très nette en mars. Cela peut amener à penser qu cette époque soufflent vers notre continent des courants favorab au transport du sédiment. C'est ce que Tarry avait exposé en 187 en même temps qu'il préconisait une méthode de prévision des ch tes de poussière et de boue, méthode qui lui permit de prévoir pluie rouge des 10 et 11 mars 1872. Cette méthode n'ayant être appliquée à tous les cas, on est à même de se demander s ne s'agit pas en réalité de deux phénomènes dont la simultané seule expliquerait les chutes lointaines de sédiment.

M. Tilho a montré la formation et la disparition locale d brouillards secs ; ces courants n'interviendraient-ils pas seulem pour transposer ce phénomène dans une région où il ne se prod pas normalement ?

En ce qui concerne la genèse de ce transport éolien, il faut ci un cas semblable d'origine européenne. Il s'agit de la pluie de po sière et de boue observée en Pologne du 26 au 28 avril 1928.

L'analyse du sédiment et l'étude combinée de la situation at-sphérique amenèrent à penser qu'il provenait de l'Ukraine cen-e. Dans la région indiquée, il se produisit, en effet, à cette date, nuages de poussière et de sable soulevés par un ouragan, le t accompagné de phénomènes électriques, de feux Sainte-Elme d'une série de trombes qui effrayèrent la population.

Y aurait-il une relation entre ces phénomènes électriques obser-à l'origine du transport et les phénomènes orageux fréquem-nt notés au cours des pluies, des neiges et des grêles colorées ?

Exemples :

Mont-Aigoual, Bédarieux, nuit 27 et 28 novembre 1564, violent ge, pluie colorée;

Arezzo (Italie), 13-14 mars 1813, neige et grêle colorée, ton-re avec la grêle ;

Jura, Chambéry, Gênes, Djigelly, Bône, Alger, orage et grêle, ie colorée, 15-16 mai 1846;

Bresse, Lyonnais, Dauphiné, Savoie, Vivarais, pluie rouge et ge, 17 octobre 1846;

Chambéry, 31 mars 1847, pluie rouge et orage;

Région lyonnaise, 30 mars 1852, pluie rouge et tonnerre;

Région lyonnaise, 27 mars 1862, pluie rouge, orage violent;

Région de Lyon à l'Aragon, 1er mai 1863, pluie rouge et orage lent;

Heidelberg, 25 août 1843, pluie colorée et orage;

Mondovi, 13-14 février 1870, neige jaune et tonnerre;

Monaco, 30 octobre 1926, boue récoltée après un orage;

Pradelle (Haute-Loire), 28-29 novembre 1930, pluie de boue et ge;

Marne, orage, grêle et pluie de boue.

sable du Sahara et la poussière recueillie après la pluie de boue.

La couleur caractéristique du sédiment rappelle beaucoup celle Sahara bien que celle-ci soit variable suivant sa localisation géo-phique, du jaune chamois au rouge et au brun pâle. Mais la leur due à la présence d'oxyde de fer est un caractère bien peu portant dans la détermination et dans la comparaison d'échantil-s.

La forme et les dimensions des grains qui composent le sable du hara sont elles-mêmes variables. Parfois on observe une grande

uniformité, parfois un mélange de grains arrondis et anguleux, a
prédominance dans l'un ou l'autre cas de grains polis ou dépo

Plusieurs auteurs ont prétendu que les sables des régions dés
tiques sont plus arrondis que ceux des dunes maritimes.

Sorby assimile les grains de sable d'Egypte à des sphères p
faites.

Philipps trouve que les sables des grands déserts africains et
l'Arabie Pétrée présentent des grains très usés, les plus gros ét
les plus arrondis.

Pour Blanford les grains des dunes de l'Inde sont égalem
arrondis.

F.H. Hatsch et R.H. Rastall comparent les grains de sable
grands déserts à des grains de millet.

C'est aussi l'opinion de M. Thoulet que les grains de sable
la mer sont plus anguleux.

L'explication toujours invoquée est la suivante : dans l'air
grains s'usent beaucoup par frottement; dans l'eau, milieu p
dense, leur poids, force qui intervient dans la friction des éléme
se trouve d'autant diminué, l'usure est donc moindre.

M. Cayeux assure cependant que « la grande majorité des sab
sahariens analysés sont essentiellement composés de grains i
guliers de forme générale anguleuse ».

Pour lui, « le facies des grains de quartz éoliens est fonct
de leur volume et de leur densité ainsi que de la vitesse du vent »
fait remarquer en outre que les éléments des dunes maritimes,
qu'ils ne sont plus en contact avec la mer, acquièrent des caractè
d'adaptation éolienne.

La poussière recueillie sur le continent offre une grande u
formité; beaucoup d'éléments lamellaires, trois éléments domina
argile, quartz et calcite, une faible quantité de matière organiq
sauf la couleur, elle est tout à fait différente en composition du sa
du Sahara qui ne présente qu'une faible proportion d'argile et
calcite.

G. Tissandier soumettant à un courant d'air un sable du Sah
qui s'écoulait d'un sablier, recueille une poussière qu'il tro
comparable à celle qui tombe au cours des pluies de poussière
de boue.

Il agita ensuite du sable dans une faible quantité d'eau et recu
lit le limon tenu en suspension. Sa conclusion est que les éléme
des boues éoliennes sont comparables aux fines particules du sa
du Sahara.

Nous avons recommencé ces expériences, d'abord en soufflant entiellement à la surface d'un sable que nous agitions en même s; des lots recueillis à diverses distances du tas le plus éloigné our ne citer que celui-ci — c'est-à-dire le plus fin, montraient éléments rappelant le sable origine mais qu'on ne pouvait appa-r à la poussière des pluies rouges.

Nous avons ensuite lessivé une grande quantité de sable et re-li par filtration le plus fin limon resté en suspension dans l'eau. s ce cas, nous avons observé une quantité de calcite supérieure le du quartz, des matières organiques, de la limonite, du feld-n, un peu d'argile, mais beaucoup moins que dans la poussière.

riblage — Le vannage.

L'examen comparé des résultats de l'analyse chimique du sable ahara prélevé au Sud de Bel-Abbès et de la poussière recueillie ours d'un brouillard sec, nous montre l'influence de ce phéno-e qui opère une séparation des éléments pour donner la prédo-nce à ceux qui sont mieux adaptés au transport éolien.

Ne peuvent subsister que les éléments les plus légers ou ceux se désagrégeant facilement, peuvent se réduire en fins frag-ts ou se présenter sous la forme lamellaire.

C'est cette phase de la genèse du transport qu'il faut invoquer accepter l'origine saharienne; la proportion forte d'argile, formisation du dépôt nous conduisent en outre à penser que ce age est très poussé, et que, par voie de conséquence, les points hute sont très éloignés de la région d'origine du sédiment. Si-il faudrait admettre qu'il est issu de régions limoneuses, situées au voisinage des Oueds au régime torrentiel qui accumulent leur lit les éléments fins qu'ils ont pu draîner dans leur cours, dans les régions cultivées ou semi-désertiques.

En ce qui concerne l'opinion qui semblait découler de la cir-cription géographique du continent africain par les points de e, la persistance des brouillards secs dans la mer des ténèbres it un indice favorable, mais c'est là une hypothèse bien fragile ne peut recevoir de consécration absolue.

A l'égard du problème de l'origine, un grand nombre de solu-s sont possibles, aucune d'elles n'est certaine.

Vents de sables et pluies de boue, *Mémorial de l'Office National Météorologique de France, Paris 1937, pp. 50-51 et 60-66.*

LA PLUIE DE BOUE DU 28 NOVEMBRE 1930

Le 28 novembre 1930, après une chute de pluie survenue
la région parisienne entre 4 heures et 6 heures du matin, on co
tait, sur les objets que la précipitation avait touchés, la pré
d'un dépôt jaunâtre, assez abondant, paraissant être de la bou
chée. Bientôt, on apprenait que le phénomène n'était pas iso
qu'en de nombreux points de la France et de l'étranger, n
ment en Espagne et en Belgique, on avait pu observer, aprè
pluies tombées le même jour, la présence d'un dépôt jaunâtre,
sentant le même aspect que celui qui avait été remarqué da
région parisienne.

Sur la demande du Directeur de l'Office National Météor
que, un grand nombre d'observateurs bénévoles ont envoyé à
fice National Météorologique les prélèvements qu'ils ont pu o
de ce dépôt.

Il est intéressant de rechercher comment il était possible de
cher le phénomène observé à la situation atmosphérique géné
et c'est le but que nous nous proposerons dans la présente not

La carte 1 (*fig. 1*), ci-jointe, montre les points où le phéno
de pluie de boue a été observé; on voit qu'il a été possib
tracer des isochrones; toutefois, ce tracé n'a pu être effectué
négligeant un certain nombre d'observations; c'est ainsi qu'à
bou (Ille-et-Vilaine), une première chute de pluie boueuse ava
notée le 27 à 23 h 30, et que de nouvelles pluies se sont pro
le 29 au matin dans le Nord-Ouest et le Sud-Est du pays.

Avant de discuter les indications portées sur cette carte, s
lons que l'Observatoire Météorologique de Catalogne a observ
phénomène semblable dès le 27 novembre à 20 heures, su

joignant sensiblement Lérida à Barcelone, et à 22 heures on sur une ligne reliant Andorre à Gerone. Si l'on se reporte arte 1 (*fig. 1*), on constate que le phénomène s'est produit vers lieu de la nuit du 27 au 28 dans nos régions de l'Ouest, du Ouest, du Sud et du Sud-Est, au cours des premières heures de tinée du 28 dans le Centre, la région parisienne et le Nord-t, et qu'enfin il n'a été observé en Belgique que dans l'après-du 28. On voit donc déjà que les zones pluvieuses devaient placer sensiblement du Sud vers le Nord, et c'est bien, en effet, e montre l'étude de la situation générale atmosphérique.

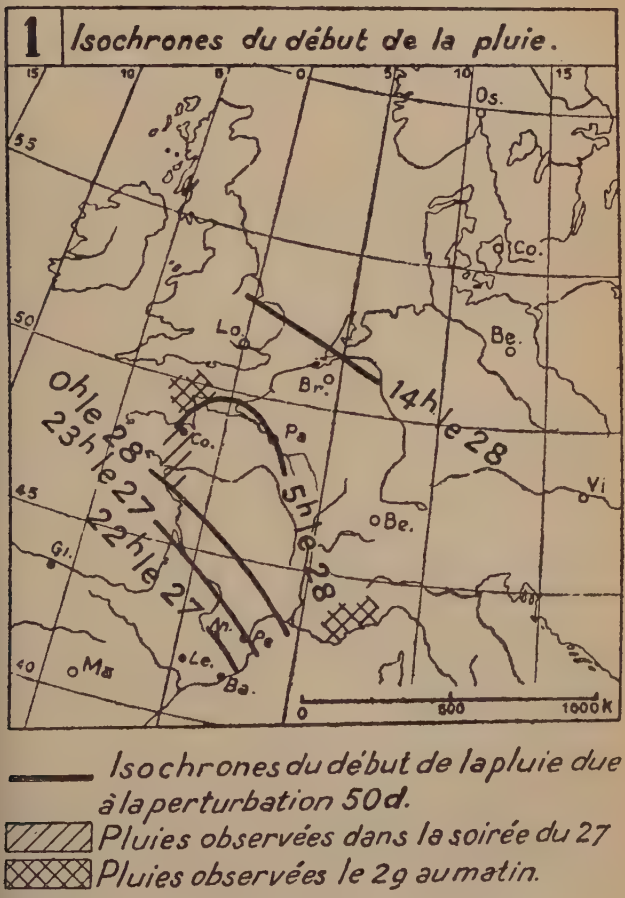
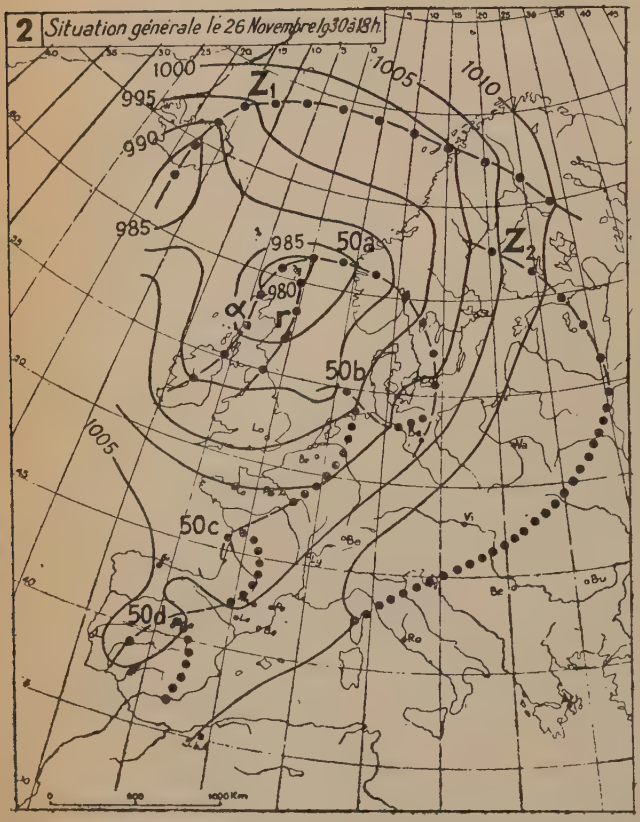


Figure 1

Pour comprendre l'évolution de cette situation, il est néces
d'en commencer l'examen à la date du 26 novembre à 18 he
A ce moment (*figure 2*), un « cyclone central », constitue
la « tête » d'une occlusion Z_1 intéressant l'Islande, l'Océan
cial et le Nord de la Scandinavie, commande un courant de
turbations dirigé, sur l'Ouest du continent, de l'Ouest-Sud-Ou
l'Est-Nord-Est. A ce courant appartient une perturbation 50 a
le front froid est déjà quasi-stationnaire, et sur lequel se son
veloppées des ondulations, à savoir 50 b, 50 c et 50 d. D



Figur

LÉGE

Occlus

Fronts c

Fronts

Press
en
milli

part, un anticyclone relatif A se constitue, dans la nuit du 26
sur le Nord de la péninsule balkanique, et s'étend graduell
vers le Sud au cours des journées du 27 et du 28. Bientôt, sur

ntale de cet anticyclone, s'établit un courant de vent du Sud
quablement net et fort, que mettent en évidence les cartes de
ges des 27 et 28 novembre. La forte nébulosité ne permet
alement pas de pousser ces sondages au delà de 1.500 mètres
tude, mais les quelques rares observations dont on dispose au-
s de 2.000 mètres indiquent que le courant de Sud existait au
s jusqu'à 3.000 mètres; aucun sondage de température n'a
eureusement été effectué au cours des journées du 27 et du 28.
fois, le courant de Sud ayant persisté jusqu'aux premiers jours
écembre, on peut, en se basant sur une intéressante observation
tuée le 1er décembre, affirmer qu'il était remarquablement chaud.
apitaine Wackenheim, chef du Service de Navigation et de Mé-
logie du 34e régiment d'aviation, a bien voulu faire parvenir,
ffet, à l'Office National Météorologique, un document relatif
températures en altitude et dont nous extrayons le passage sui-
:

Le 1er décembre, la température au sol était, vers 10 heures,
viron 6°. Jusqu'à 400 mètres, cette température était sensible-
constante. Brusquement, au-dessus de 400 mètres, elle s'éle-
à 16° (observation faite à l'aide d'un thermomètre à alcool,
sur un mât de cellule, hors du champ du moteur). Certains
pages ont eu l'impression qu'elle était supérieure à 20° vers
mètres. A 2.500 mètres, elle était de 7°. »

La température anormalement élevée de la masse d'air trans-
ée par le courant de vent du Sud, indique que cet air était d'ori-
saharienne. Arrivant, sur la France et la Méditerranée occiden-
en contact avec l'air polaire, il a régénéré les ondulations 50 c
0 d et a provoqué la formation d'une nouvelle ondulation 50 e;
tre part, l'énergie du courant de Sud était considérable ainsi que
nontrent les sondages et aussi une observation faite au poste
éorologique de Lyon-Bron, où la vitesse du vent de Sud s'est
ue d'une manière notable dans la nuit du 27 au 28, en même
ps que se produisait une hausse de température de plus de 8°;
ront froid de la perturbation 50 a, déjà très lent, a cessé de
gresser vers l'Est-Nord-Est à cause de la résistance qu'opposait
courant de Sud à son déplacement. Il est devenu stationnaire et
différentes ondulations 50 c, 50 d et 50 e, se sont, sur l'Ouest
continent, déplacées du Sud au Nord, ainsi que les zones plu-
ses qui les accompagnaient, ce qui confirme les indications four-
s par les courbes isochrones de la carte 1 (*fig.* 1). Or, il résulte

d'une très intéressante observation communiquée à l'Office Na
Météorologique par un sous-officier du 1er régiment étranger à
Bel-Abbès, que le courant chaud de Sud avait soulevé et en
des particules de sable au cours de son passage sur l'Afriqu
Nord. Nous ne pouvons mieux faire que de citer textuellement
sentiel de la lettre de cet observateur bénévole :

« Le 27 novembre 1930 : une belle journée, ciel bleu,
jusqu'à 10 heures environ. Soudain le vent se lève et foue
poussière de la cour; à 10 h 30... l'air était plein de poussiè
de sable fin, on ne voyait pas à 10 mètres. Un vent violent so
du Sud-Ouest, et par rafales...

« ... A 11 heures, il se formait au Nord-Est un formidable
de nuages d'une grande hauteur...

« ... A 11 h 30, le restant du ciel avait une teinte de plo
On voyait passer devant le disque du soleil des nuages de pou
d'un gris assez foncé et à grande vitesse, direction du Nord-E

« ... A 16 h 52 tombèrent quelques gouttes de pluie qui lais
sur la visière du képi des taches de boue, ce qui se voit souv
la première pluie après une période de sécheresse. Vers 18 he
un vent froid de l'Ouest amenait une courte pluie; j'ai consu
baromètre à 11 h 23... Il avait baissé de 769 à 748 millim
donc 21 millimètres. Le thermomètre indiquait 13° alors qu'il
quait 17° le matin à 8 heures. »

Cette lettre est intéressante à plus d'un titre. Outre qu'elle
la formation d'un nuage de poussière et de sable dont nous
reparler, elle décrit assez bien le développement, sur la régi
Sidi-Bel-Abbès, de l'ondulation 50 e. L'observateur se trouv
matin dans l'air chaud qui alimentait la famille 50, et a assis
passage du front froid qui, on l'a vu, a produit au milieu de la
née un abaissement de température de 4° dû à l'arrivée, s
région, de l'air polaire maritime.

Or, ce qui s'est passé à Sidi-Bel-Abbès en ce qui cor
l'entraînement, par le vent, de nombreuses particules de sable
pas un phénomène isolé; en effet, le 27 novembre, toutes le
tions situées au Nord d'une ligne idéale reliant Bône à Adra
observé entre 10 heures et 16 h 30 des tempêtes de sable pe
lesquelles la vitesse du vent dépassait parfois 18 mètres à la se
(carte 8, *fig. 3*). En plusieurs points, la quantité de sable trans

1. C'est-à-dire probablement « se déplaçant vers le N.E. ».

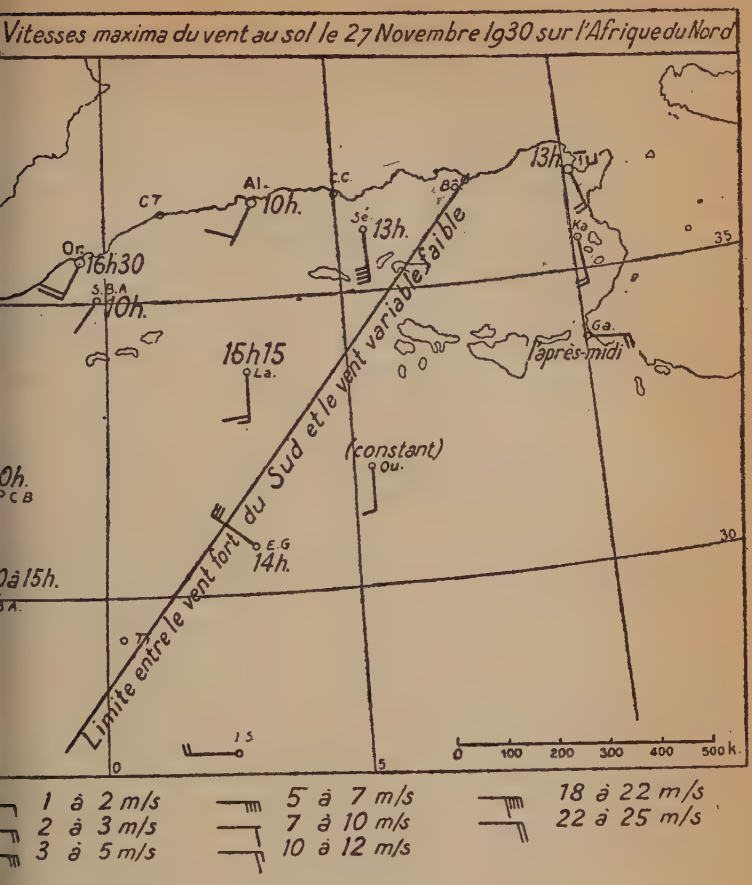


Figure 3

le vent était si considérable que le ciel en devenait invisible. On oit, dans ces conditions, que le fort courant de vent chaud ve- du sud ait été suffisamment riche en particules solides pour n ait pu observer des pluies de boue en un si grand nombre de ts de l'Ouest de l'Europe. Les observations faites en Algérie blent d'autre part démontrer que ces particules provenaient de rique du Nord.

Les analyses détaillées des prélèvements effectués permettront nablement d'assigner une origine précise aux particules qui les stituaient, mais il faut s'attendre à ce que les résultats de ces yses présentent des différences qualitatives et quantitatives très

sensibles suivant les points où les dépôts solides auront été re
lis. Le simple bon sens indique que les éléments les plus lourd
dû tomber les premiers sur le sol, et que leur proportion a d
minuer à mesure que les particules solides s'avançaient vers le
D'autre part, le vent de sable ayant intéressé une grande supe
de l'Algérie, il est naturel que le sable ainsi transporté prov
de régions ayant des caractères géologiques assez dissemblabl

Il était intéressant de rechercher quelles étaient, sur le
froid de la perturbation 50 a, les ondulations qui ont donné
sance aux pluies accompagnées de précipitations de particule
lides. Or, la comparaison de la carte 1 et des cartes représenta
situation au cours des journées suivantes montre nettement
l'ondulation 50 c se trouvait déjà sur l'Ouest de la France à l'
où les pluies de boue débutaient en Catalogne, qu'au contrai
perturbation 50 d intéressait les Pyrénées à ce même mom
enfin, les isochrones approximatives tracées sur la France co
pondent d'une manière frappante aux heures de passage de
même ondulation 50 d. C'est donc à cette dernière qu'il con
d'attribuer la part la plus active dans la production des
boueuses. On voit, d'autre part, que la chute de pluie observée
la soirée du 27, en Bretagne, ne peut être attribuée qu'à la pe
bation 50 c et que les pluies qui se sont produites le 29 au
dans le Nord-Ouest et le Sud-Est du pays doivent être rattach
la perturbation 50 e, qui seule a intéressé la France au cou
cette journée.

Il peut, à première vue, paraître extraordinaire que des d
de boue aient été observés en des régions où le vent près d
soufflait du secteur Nord-Est au cours des journées du 27
28 novembre comme par exemple le Nord-Ouest de la Fran
la Bretagne : le fait, cependant, s'explique aisément si l'on
truit une coupe verticale des masses d'air.

Prenons par exemple la situation du 28 novembre à 7 h
et imaginons une coupe de l'ondulation 50 d par un plan mé
choisi de telle manière qu'il coupe cette ondulation en une r
où son secteur chaud ne s'étend pas jusqu'au sol. Nous obtenc
figure 4 ci-après.

Soit P la position d'une particule de poussière se déplaçant
le Nord au sein de la masse d'air tropical saharien constitua
secteur chaud, en altitude, de l'occlusion 50 d, et admettons
cette particule se déplace horizontalement. Il arrivera un insta
elle parviendra en P' au contact de l'air polaire continental

dans sa partie inférieure se déplace sensiblement de l'Est vers uest. A ce moment, cette particule se trouvera entraînée vers uest et comme, à cause de son poids, elle tend constamment à approcher du sol, en s'éloignant de l'air tropical saharien qui ève au-dessus de l'air polaire continental, elle continuera à pro-sser vers l'Ouest avant d'atteindre le sol.

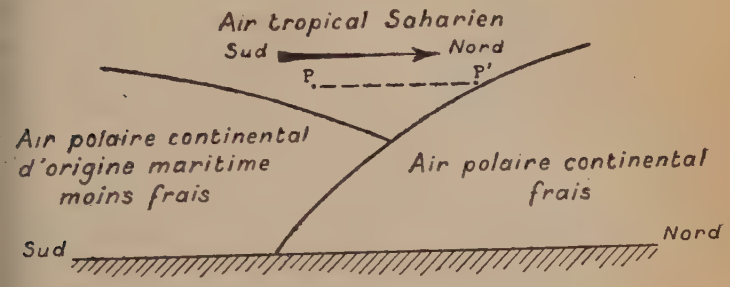


Figure 4

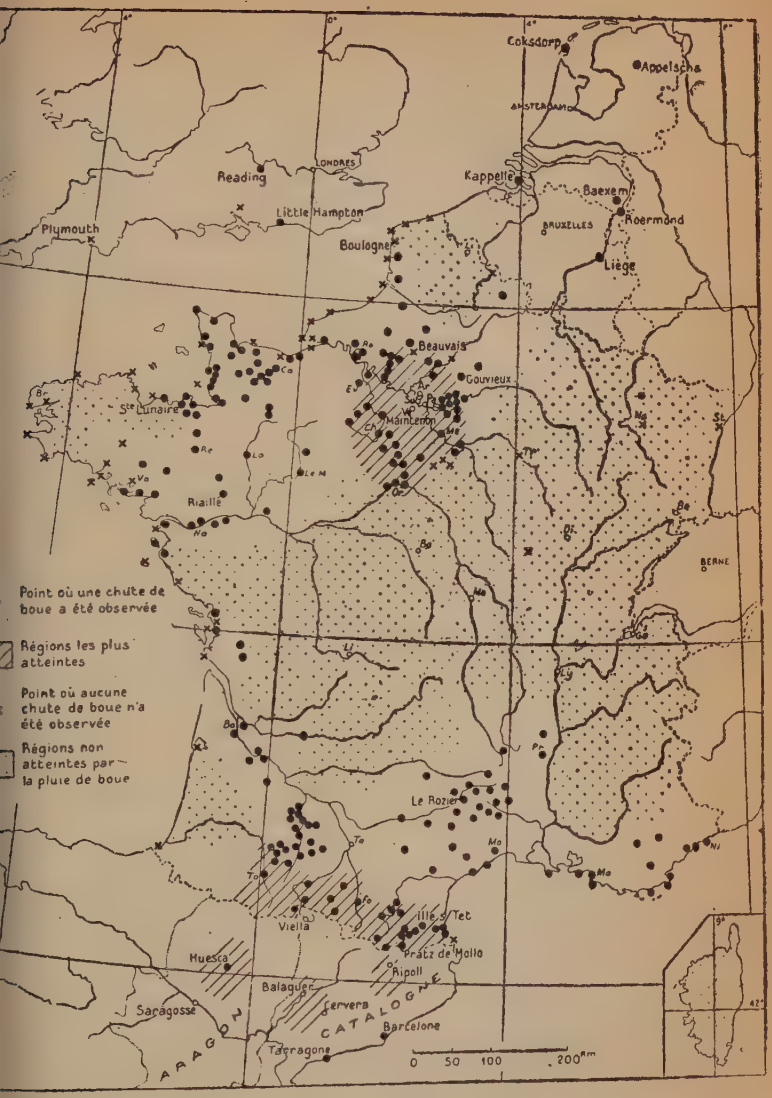
Enfin, il est facile d'expliquer pourquoi aucun dépôt de boue été observé dans le Nord-Est et le Centre de la France; si l'on te, en effet, sur une carte les quantités totales de pluie recueil-s entre le 27 novembre à 18 heures et le 28 à 18 heures, on voit 'il n'est tombé dans ces régions que des précipitations rares et à ne mesurables; il est normal que chaque goutte de pluie ait con-u une quantité trop faible de particules solides pour que celles-ci issent constituer un dépôt assez épais pour être visible sur les ets se trouvant au voisinage du sol.

On peut objecter que, dans la région lyonnaise, les quantités au recueillies étaient suffisantes pour que des dépôts de boue issent être observés. Il est peut-être possible d'expliquer ce fait de manière suivante : on a vu plus haut que, à Sidi-Bel-Abbès, les rticules de sable soulevées par le vent constituaient un nuage dont ltitude était considérable; comme, sur la portion de la Méditerra-e occidentale située à l'Est du troisième méridien Est, le gradient rométrique était très fort, le vent devait avoir une vitesse impor-nte, et l'altitude du nuage de sable devait décroître très peu à esure qu'il s'avançait vers le Nord. Dans ces conditions, il est ssible d'admettre que, dans la région lyonnaise, l'altitude du age de sable se soit trouvée supérieure à celle de l'altostratus qui nnait naissance à la pluie; au contraire, la faiblesse du gradient

barométrique sur l'extrême Ouest de la Méditerranée occidentale l'Est de la péninsule ibérique permet de comprendre comment, cette portion de son parcours, le nuage de sable a pu s'abaisser as vite pour rendre possible les précipitations boueuses sur le No Est de l'Espagne.

Enfin, on peut, à titre de vérification, et en prenant Sidi-B Abbès comme point de départ du nuage formé par les particules sable, tenter de calculer approximativement, en fonction de la tesse du vent, le temps que pouvait mettre ce nuage pour traver la Méditerranée ; si l'on admet qu'il progressait vers le Nord avec vitesse de 60 kilomètres à l'heure environ (ce qui paraît mis évidence par les sondages dont on dispose), on trouve que les qu que 900 kilomètres qui séparent à vol d'oiseau Perpignan de S Bel-Abbès, devaient être franchis en quinze heures environ. la formation du nuage a été observée le 27 à 11 heures à Sidi-B Abbès, et la chute de pluie boueuse s'est produite à Perpignan même jour vers 23 heures, soit douze heures après : il sem donc bien que les particules solides déposées par les pluies recu lies en France proviennent de la chute sur le sol des nuages sable qui avaient, le 27, été observés sur l'Algérie.

Vents de sable et pluies de boue, *Mémorial de l'* *fice National Météorologique de France, Paris 19* *pp. 75-82.*



Les pluies de boue du 27-28 novembre 1930.

arte synthétique publiée par le *Mémorial de l'Office National étéorologique* dans son fascicule *Vents de sable et pluies de boue*, Paris 1937, page 85.

LA PLUIE DE BOUE DU 17 MARS 1932 A MONTELIMAR

La situation météorologique générale dans le Sud-Ouest de l'E rope et le Nord-Ouest de l'Afrique, le 17 mars 1932 et les jo précédents, est la suivante :

Une zone dépressionnaire D (*fig. 1,* cartes 1 et 2) s'avance Sud-Ouest de l'Espagne au golfe du Lion tandis qu'un anticyclon se maintient sur les Balkans. Une série de perturbations, P_1, P_3, P_4, P_5 circulent autour de la zone dépressionnaire D en laiss celle-ci à leur gauche. Un flux d'air chaud, corespondant aux « s teurs chauds » des perturbations les plus jeunes, P_3, P_4, P_5, bai une grande partie de l'Algérie et de la Tunisie. Les perturbati les plus anciennes, P_1 et P_2, sont fortement occluses; le flux d relativement frais originaire du secteur Sud-Est, dans le sein duq elles se placent, vient toucher le Midi de la France.

C'est dans ces conditions que la Station météorologique de M télimar recueille, avec la pluie qui est tombée pendant toute journée du 17 mars, un léger dépôt de boue brun rougeâtre.

Quel est le lieu d'origine des matières constituant ce dépôt

Tout d'abord on peut dire que ce lieu d'origine n'est pas che de Montélimar.

En effet, la région de Montélimar a été touchée par des ch de pluie dès le 16 (2,6 mm recueillis le 16 au soir à Montélim rendant impossible tout soulèvement de poussières, et avant précipitations le vent a été faible ou, tout au plus, modéré.

Si l'on se reporte alors à la situation générale, on est amen penser que les poussières accompagnant la pluie du 17 ont été ap tées par les vents circulant, en sens inverse des aiguilles d

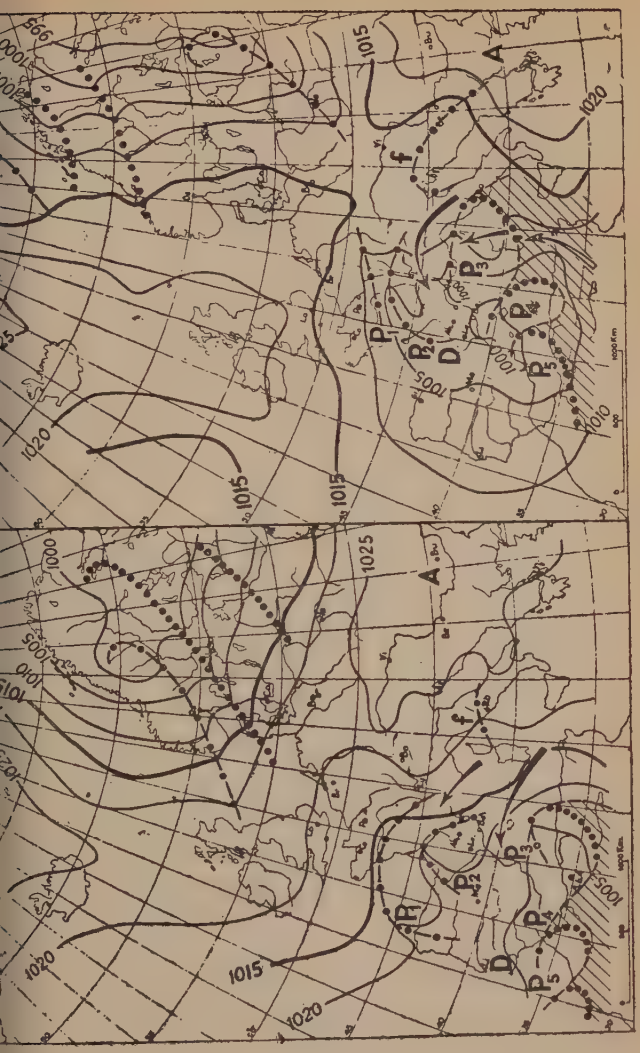


Figure 1. — *Situation météorologique les 16 et 17 mars 1932.*

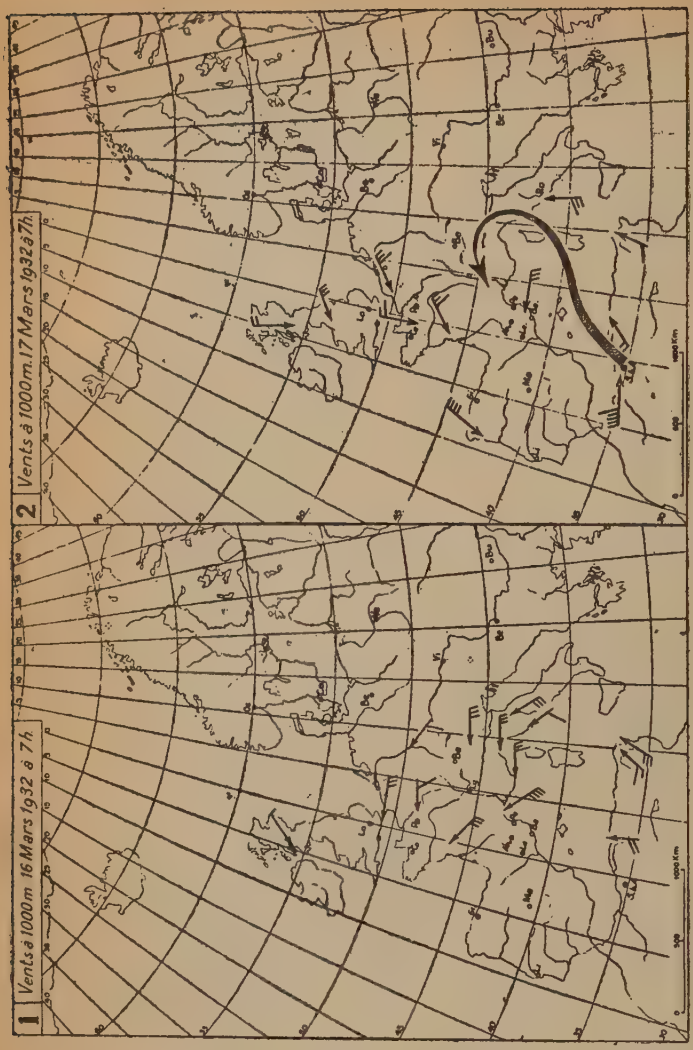


Figure 2. — *Vents en altitude les 16 et 17 mars 1932.*

tre, autour de la zone dépressionnaire D (*fig. 1*, cartes 1 et 2) s avoir été soulevées, soit en Italie, soit en Afrique du Nord. Le peu de force des vents au sol en Italie les jours précédents concentrer aussitôt les investigations sur l'Afrique du Nord.

Or, des observations de tempête de sable ont été faites au cap ès (entre Alger et Oran) le 15 de 14 à 18 h, à Mascara 5, à Saïda le 15 et la nuit du 15 au 16, à Colomb-Béchar le à Timimoun (Sahara) le 15.

La précipitation solide accompagnant la pluie du 17 à Montéli- est-elle constituée par des particules ayant fait partie des tem- s de sable signalées auparavant en Afrique du Nord ?

« Météorologiquement », il semble que l'on puisse répondre :

En effet, la pluie du 17 à Montélimar est due à la perturbation (*fig. 1*, cartes 1 et 2) et le moment de passage sur l'Afrique du d de cette perturbation, qui était « sèche » alors, coïncide avec noment d'observation des tempêtes de sable.

Le mécanisme de transport des poussières est donc facile à se résenter : ces poussières ont été soulevées en Algérie lors du sage de la perturbation P_3 soit dans la zone d'occlusion, soit, tout, dans le secteur chaud, emportées avec cette perturbation et cipitées avec la pluie qui s'est produite par la suite.

L'examen de la situation barométrique (*fig. 1*, cartes 1 et 2) et le des vents en altitude (*fig. 2*, cartes 1 et 2) conduisent à assi- r au courant de vent emportant les particules de sable une tra- toire d'une longueur d'environ 1.800 kilomètres entre le Nord l'Afrique et la région de Montélimar, parcourue à une vitesse yenne d'environ 45 kilomètres-heure. La durée de parcours (qua- te heures) ainsi obtenue correspond bien à la différence des mo- nts d'observation des tempêtes de sable en Algérie et de la pluie boue à Montélimar.

Vents de sable et pluies de boue, *Mémorial de l'Office National Météorologique de France, Paris 1937, pp. 122-124.*

M. PROKOP, J. HORAK, J. PODZIMEK

QUELQUES REMARQUES SUR LE PROBLEME DE LA POLLUTION DE L'ATMOSPHERE EN CAS D'EXPLOSION D'UNE BOMBE ATOMIQUE AU SAHARA

Les auteurs procèdent à une étude physique et météorologiqu destin des particules radioactives qu'engendrerait une explo nucléaire réalisée au Sahara. Les particules lourdes retombero dans la région même du Sahara. Les particules fines seraient en nées à grande altitude, se répartiraient sur une zone annu faisant le tour de l'hémisphère boréal et retomberaient petit à

La propagation de l'aérosol radioactif engendré par l'explo d'une bombe atomique dépend des conditions dans lesquelles c procédé à cette explosion. La quantité de matériaux arrachés au et projetés dans l'atmosphère est déterminée non seulement pa puissance de l'explosion nucléaire elle-même (par son équivalen TNT), mais encore par la manière dont elle a été effectuée. facteur particulièrement important réside dans la hauteur du ce de l'explosion au-dessus du sol, de même que dans le caractère ce sol à l'endroit au-dessus duquel l'explosion s'est produite.

Selon toute vraisemblance, au Sahara, l'explosion de la bo atomique, d'équivalent TNT moyen (selon des informations cieuses, voir par exemple (*1*)), sera effectuée à une faible hau au-dessus du sol. Ce genre d'explosion aspire du sol une qua considérable de matériaux et de poussières qui deviennent radioac Dans le cas d'un équivalent de plusieurs milliers de tonnes de T les retombées dans les parages immédiats de l'explosion repré

environ les 2/3 de la quantité totale de l'aérosol radioactif. A près le tiers de cet aérosol se propage annulairement autour du e terrestre, approximativement selon l'axe formé par la latitude ieu de l'explosion, tandis que la proportion des particules qui nt en suspension dans l'atmosphère est insignifiante (*2*). Le tre de l'aérosol radioactif dépend avant tout de la composition du ux endroits où l'explosion sera effectuée, ainsi que de la durée 'action de la haute température provoquée par l'explosion au au du sol. Lors d'une explosion à hauteur relativement faible essus du sol, qui donne lieu au transport d'un tourbillon de sière dans l'atmosphère, on voit retomber tout d'abord les par- es les plus grosses (environ 1 mm) et progressivement les plus es. Considérons une répartition des grandeurs de particules se ortant au spectre des poussières et sables au Sahara, et sup- ns que les produits de fission se collent à la surface des particules ssiéreuses. La relation entre le poids total des produits de fission se déposent d'une altitude de 12 km et le temps écoulé depuis tant de l'explosion est représentée par la *figure 1* (*3*). Les

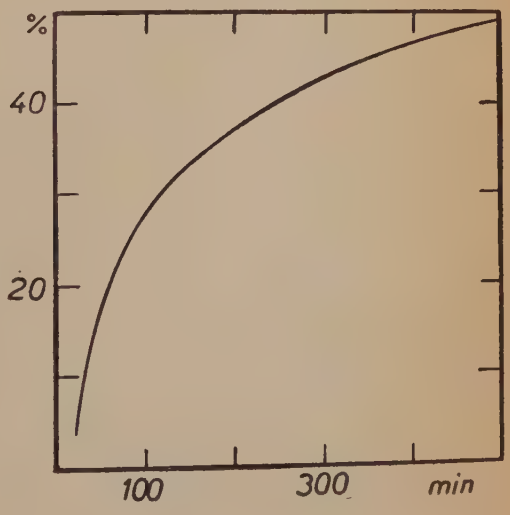


Figure 1

ation entre le rcentage des pro- s de fission retom- d'une hauteur de km et le nombre minutes écoulées uis l'explosion.

ps indiqués ne valent que pour une atmosphère calme. La rela- entre la dimension des particules et la durée approximative de hute de l'altitude de 12 km à la surface du sol est indiquée sur ableau I.

Tableau I

Diamètre des particules (en microns)	Durée de la chute (en heures)
5	1.700
8	660
16	170
33	40
75	8
150	2
250	0,7
340	0,4

Il ressort de ces chiffres que les particules les plus petites tent assez longtemps dans l'atmosphère et peuvent donc être t portées par les courants à de grandes distances.

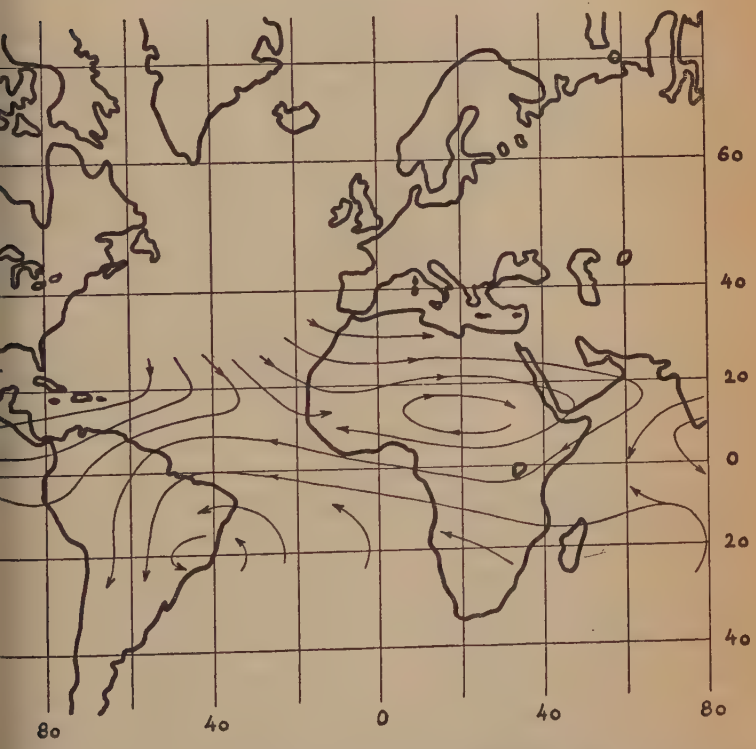
Dans le cas d'une explosion nucléaire d'un équivalent de l' de la mégatonne de TNT, les relations indiquées ci-dessus chan Dans les mêmes conditions simplifiées le quart seulement de la tité totale de l'aérosol radioactif pollue les environs immédiat l'épicentre, un autre quart constitue la diffusion annulaire. Le tant revient à la contamination globale (*2*).

Tant qu'on ne connaît pas avec précision les paramètres damentaux auxquels nous avons fait allusion, on ne peut év qu'approximativement les données météorologiques en tant que teur déterminant l'étendue de la région atteinte par l'aérosol actif. L'étendue et la forme de la région polluée par l'explosion bombe atomique dépendent dans une mesure considérable de la tion et de la vitesse des courants dans la couche de l'atmosphè le matériau radioactif s'est concentré en majeure partie après l'e sion. La diffusion des particules solides projetées en l'air par plosion à partir du sol est non seulement fonction de la dimensio particules, mais dépend aussi de la rapidité et de la turbulenc courants. Dans le cas d'une atmosphère idéale, il se produirai disposition quasi concentrique du spectre des particules des reto autour de l'épicentre de l'explosion. Mais en réalité un tel ét l'atmosphère ne se produit presque jamais.

Selon des informations officieuses (*1*), l'explosion expéri tale de la bombe atomique doit être effectuée dans le nord-oue l'Afrique, dans les parages de Reggane. L'explosion doit avoir li hiver, vraisemblablement en février. En cette période de l'a

les basses couches de l'atmosphère au-dessus de la région dérée, il y a prédominance d'un vent alizé du nord-est qu'on lle le harmattan. Mais cette direction du vent ne se fait sentir dans les basses couches de la troposphère, jusqu'à une hauteur km environ.

D'après la carte des isobares d'un niveau de 700 millibars, qui e la direction moyenne du vent pour la période décembre-janvier *re 2*) (*4*), nous voyons qu'à cette altitude les courants du nord- ie se manifestent plus et qu'au contraire il y a passage à un vent est prédominant. De nets courants d'ouest subsistent alors à es les hautes altitudes, comme le montrent les cartes AT 500,



ure 2. — *Carte des isobares moyennes au niveau de 700 millibars durant la période décembre-février.*

300, 96, 41 millibars, (cette dernière reproduite *figure* (*5, 6, 7*). Dans la région allant de 25 à 30 degrés de latitude n la vitesse du vent s'accroît en fonction de l'altitude et elle att son maximum à un niveau d'environ 200 millibars (à peu

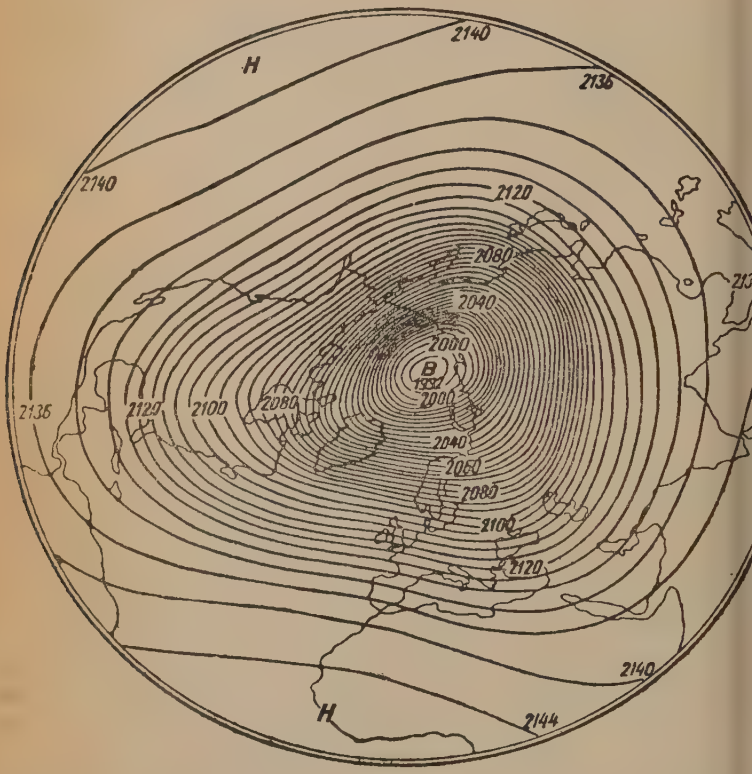


Figure 3. — *Carte de la topographie absolue moyenne du ni 41 mb en janvier d'après Scherhag.*

12 km au-dessus du niveau de la mer), maximum qui est en moy de 40 à 50 m/sec., c'est-à-dire 140 à 180 km/heure. Ce maxi constitue ce qu'on appelle le *jet stream* subtropical occidental, est très net précisément en hiver. Il en résulte qu'il se pro une distribution inégale des retombées à la surface du sol. Dan couches inférieures de la troposphère, les poussières et les s

us radioactifs seront emportés par un faible vent du nord-est irection du littoral occidental de l'Afrique. Aux hautes altitudes, rosol radioactif sera emporté à une vitesse considérable par les ants d'ouest, c'est-à-dire au-dessus du littoral septentrional de rique, au-dessus de la R.A.U., de l'Iran, du Pakistan, etc. La ctoire de l'aérosol radioactif ne peut être établie d'avance avec ision si l'on part des valeurs moyennes des différentes cartes topographies absolues. Mais on peut supposer que le nuage oactif opérera une révolution complète autour de l'hémisphère al à peu près à la latitude où aura été effectuée l'explosion.

Or il faut faire remarquer qu'un cas précis — le jour de l'explo- — peut s'écarter de la moyenne prise en considération. Une uve en est fournie par les nombreuses observations de retombées sables sahariens dans la région de la mer Noire, en Italie et en ce. Dans des cas exceptionnels, de la poussière du Sahara a me été décelée en concentration considérable jusqu'en Europe trale. Brandtner (*8*) a décrit en détail un cas de pluie de boue ge sur Paris le 29 mars 1947, phénomène dû à la présence de les sahariens dans l'eau des précipitations. Il s'agissait alors de les et de poussières transportés par une tempête en provenance la région située à la bordure nord-ouest de l'Afrique, en prove- nce de l'Atlas. D'après les calculs de Brandtner, pour couvrir te distance de 1.700 km, le nuage de sables sahariens soulevé s haut dans l'atmosphère n'avait mis que 15 heures. La diffu- n de l'aérosol radioactif dépend non seulement de la vitesse me du courant aérien dans la couche (à l'altitude) donnée, mais ssi du degré de turbulence provoquant un mélange vertical et rizontal avec l'atmosphère environnante. Dans la zone considérée *jet stream* il peut se produire une rapide propagation de l'aérosol ne grande région le long de l'axe de ce *jet stream*, justement par ite d'une turbulence considérable.

Pour résumer les considérations ci-dessus sur les possibilités une pollution, on peut supposer que la retombée des particules rdes se produira dans la région du Sahara. La radioactivité s particules est donnée par la radioactivité des produits de sion provenant des matériaux fissiles utilisés, ainsi que par radioactivité secondaire (éléments de période courte) en- ndrée par l'action des neutrons sur les corps situés aux environs l'explosion. Mais les particules fines seront transportées à haute titude autour de l'hémisphère boréal par un fort courant aérien ouest. Sous l'influence de la turbulence existant dans la région

du *jet stream*, le nuage radioactif peut se propager plus rapidem
ce qui accroît aussi partiellement la possibilité de pollution d'
vaste région dans une zone annulaire faisant le tour de l'hémisph
boréal.

Bibliographie

1. *Temps Nouveaux*, 1959, 35, p. 31.
2. *Nuclear explosions and their effects*, Delhi, 1956.
3. C. Jech : *Bulletin de Chimie*, 1, 1955, 49, p. 607.
4. H. Riehl : *Tropical meteorology*, London, 1954, pp. 16, 19.
5. A. Kh. Khrgouian : *Physika atmosphery*, Moscou, 1958, p. 4
6. Kh. P. Pogossian : *Obchtchaya sirkoulatsia atmosphery*, Lé grad, 1959, p. 87.
7. B. P. Alissov, I. A. Berlin, V. M. Michel : *Cours de climat gie*, III, Léningrad, 1954, pp. 278-279.
8. H. Haarländer : *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, B Nr. 31, 1957, pp. 20-21.

Etude originale. Institut de géophysique de l'A démie des Sciences Tchécoslovaque, novembre 19

INTERVENTION A L'O.N.U. SUR LA QUESTION DES ESSAIS NUCLEAIRES FRANÇAIS AU SAHARA

Monsieur le Président,

(...) Si l'ordre du jour de notre Commission comporte l'examen problèmes importants et même parfois complexes, il est heureux constater que nos travaux ont très bien commencé. Ma délégation, se réjouit de l'unanimité historique qui s'est faite à la fin du at sur le désarmement général et complet, espère que la même science qui a dicté cette unanimité pour préserver l'homme du u de la guerre, saura nous dicter la même attitude devant le ger certain des explosions nucléaires dont le continent africain menacé à très brève échéance.

Monsieur le Président,

On rencontre dans les différentes civilisations et malgré la diver- é de la conscience morale, une catégorie d'individus qui se résient difficilement à entrer au prétoire. Le seul fait d'être partie vant un magistrat, quand bien même ils sont victimes, constitue ur eux une gêne certaine. Il en est ainsi de certains Etats qui, dans rs rapports avec leurs voisins, répugnent à plaider, même pour défendre.

Le Maroc déplore aujourd'hui d'avoir à le faire. Il n'est pas ns la tradition de mon pays de recourir aux instances internatioles pour réduire une divergence ou résoudre un conflit qui l'opsent à une autre puissance. Le Maroc n'a cessé en toute circonsnce de proclamer son attachement à la solution des problèmes r la voie de la négociation. Des problèmes très importants et dont rtains sont des impératifs de sa libération nationale demeurent enre sans solution parce que le Maroc garde justement l'espoir d'arver à les résoudre dans un dialogue amical avec ses partenaires.

La démarche de mon Gouvernement auprès du Secrétaire G néral des Nations Unies en vue de faire inscrire à l'ordre du j de cette session la question des essais nucléaires français au Sah a été l'ultime recours après que le Gouvernement marocain ait trepris auprès de la France une série de démarches auxquelles été opposé une fin de non-recevoir sous la forme d'un rejet pur simple. Entre le 24 février et le 17 juillet 1959 cinq notes ont remises au Gouvernement français dans lesquelles le Maroc éle des protestations au sujet des expériences nucléaires aux con même de son territoire et attirait l'attention de la France sur graves dangers auxquels de telles expériences exposaient les po lations limitrophes. D'autres pays d'Afrique, d'Orient et d'Asie exprimé également leurs protestations et leurs inquiétudes. Réuni Monrovia au début du mois d'août, les Etats indépendants de l'A que ont réitéré unanimement dans une motion la condamnation ces expériences. Mais la France maintenant sa décision, se bor à faire savoir que Monrovia était à 2.700 km de Reggane et que précautions seraient prises en vue de protéger les populations et territoires plus proches.

Je me réfèrerai à des études sérieuses et à des témoignages réfutables pour établir la certitude du risque, la réalité du dan et la nature des effets auxquelles nos populations africaines ser exposées. Ma délégation se réserve le droit d'intervenir dans débat, chaque fois qu'elle le jugera nécessaire, pour développer aspect du problème.

Mais je voudrais m'arrêter un instant sur d'autres considérati d'ordre humain, social et politique qui doivent situer la ques sur son vrai terrain, car nous ne sommes pas devant une expérie de laboratoire et notre débat ne peut être seulement une controve scientifique.

Monsieur le Président,

Mon pays n'a pas attendu d'être mis directement en cause p dénoncer le danger de ces expériences atomiques et les condamn Depuis son accession à cette Organisation, son attitude a été n devant ce problème. Nous participons à tous les appels, à toutes décisions et nous partageons les regrets de voir les premiers re sans réponse et les secondes sans suite. L'attitude des Gouver ments de l'U.R.S.S., des Etats-Unis d'Amérique et du Royau Uni et celle de leurs différents peuples, de procéder aux es nucléaires ou de les accepter, relèvent d'une certaine conception la responsabilité des dirigeants et d'une certaine notion de di

e, de dévouement chez leurs populations. Mais ces trois puis-ces se livraient à des essais sur des territoires qui sont les leurs u milieu de leurs populations.

Ce n'est pas le cas pour l'expérience qui est envisagée au ara. La région de Reggane est située dans une zone contestée au eu d'une Afrique en plein devenir et où la situation de la France permet dans bien des cas encore de faire et de défaire les fron-es. Ces contestations malheureusement n'ont connu aucun début règlement et quand même nous ne voudrions pas préjuger du ıltat, la contestation n'en garde pas moins sa valeur. Au stade ıel des événements, l'on ne peut prétendre que c'est un terri-e de la Communauté et le consentement dont on fait état, en dépit certaines protestations ou mises en garde publiques, ne peut nous e opposable. D'abord parce qu'il est formellement vicié, ensuite même s'il en était autrement, le consentement des uns à vouloir ırir des risques ne peut engager ceux qui s'y refusent, surtout ıx qui sont plus directement menacés.

Une certaine presse s'était livrée il y a quelque deux années, à e description qui faisait du Sahara un désert morne et inhabité. but de cette campagne de conditionnement, en quelque sorte, it de préparer les esprits, en Afrique et ailleurs, à accepter sans ficulté et en temps opportun l'annonce d'abord de l'existence de ıples bases d'engins téléguidés et ensuite de l'expérimentation ıs le Tanezrouft de la première bombe nucléaire française.

Malheureusement, Monsieur le Président, ces journalistes qui taient érigés subitement en géographes ou en sociologues et même économistes, n'étaient rien de plus que d'excellents journalistes. ggane n'est pas dans le désert de Tanezrouft, mais à l'extrémité d du Touat. Il est situé au centre d'un grand arc de vallées entre Sud-Est marocain et le Mzab, une des régions d'oasis les plus tiles du Sahara. Il est plus facile, Monsieur le Président, de fal-ier l'histoire, mais modifier les données géographiques d'une ré-on me semble être une entreprise moins aisée.

Des deux côtés de ces vallées, celles de Gourara, de Touat et de dikelt, s'étendent de riches palmeraies, d'importantes agglomérа-ons appelées Ksours et même de vieux monastères. Dans cette gion vivent 200.000 personnes, Noirs, Arabes et Israélites dont s moyens de subsistance sont : l'agriculture, le tissage et le com-erce, car la région a été l'étape historique des caravanes du Sou-ın qui constituaient le seul moyen de commerce et de communi-tion culturelle entre l'Afrique Noire et les Régions du Nord.

Vers l'Est, cet ensemble géographique est arrosé par d cours d'eau provenant du Tademait, vers le Sud, par des cou d'eau des sommets du Hoggar et de l'Atlas marocain. Des rivièr souterraines enfin apportent les eaux de la chaîne de montagnes Ksour. Cette irrigation alimente dans le Touat seul près de 150 k de palmeraies et 17.000 habitants, c'est ce que l'on appelle route des dattes, dattes dont la production s'élève à plus 200.000 quintaux. Mais il existe aussi d'autres cultures, orge, taba henné, piments, ainsi que des pâturages de chameaux, de mouto et de chèvres. La prospérité de ces oasis n'est pas due seulement cette position privilégiée au fond d'un bassin arrosé; pendant d siècles, leurs habitants ont planté, cultivé et irrigué au prix d'i menses efforts.

L'on comprendra aisément, Monsieur le Président, que no éprouvons un sentiment de profonde douleur devant les intentio de procéder à des explosions atomiques dans cette zone verte d d'après M. Augustin Bernard, de l'Académie des Sciences, est u que dans tout le Sahara.

Comment pourrait-on affirmer, Monsieur le Président, qu'u région aussi peuplée et aussi vitale pour le Sahara est une régi désertique dans laquelle l'explosion d'une bombe A n'aurait aucu conséquence ?

Comment pourrait-on affirmer par la suite que des mesures précautions seront prises pour éviter les effets nocifs de l'expé mentation ?

Du reste, la notion de précaution implique elle-même celle danger ou tout au moins celle de risque. Il ne semble pas que da l'état actuel de la science atomique, et même chez les puissan les plus avancées dans ce domaine, l'on soit arrivé à éliminer dangers certains sinon dans l'immédiat du moins à long terme.

Je citerai tout à l'heure des exemples concrets de ce qu'Einst avait déjà appelé « une lente torture des poussières et des plu radioactives ».

On pourra très bien nous parler de précautions qui consisterai à déplacer totalement les populations de la région et les insta définitivement ailleurs.

Les Américains ont transféré quelques centaines d'habitants Bikini et d'Eniwetok et les ont établi à la pointe Sud du grou des Iles Marshall.

Je ne m'arrêterai pas sur ce qu'il y a d'inhumain dans cet forcé des populations pourtant sous tutelle. La France devra-t-

éter le phénomène dans des proportions plus considérables au ara ? De quel droit le ferait-elle ? En admettant qu'une telle on fût légitime et réalisable, la région serait-elle préservée pour ant de la destruction de toute vie animale et végétale ?

On nous répondra peut-être que si l'on a fait disparaître quelis îlots et déplacer quelques populations dans le Pacifique, on rra faire disparaître sans dommage une série d'oasis et quelques taines de milliers d'agriculteurs et de nomades, sans se soucier cet îlot de vie et d'activité constitue peut-être une des plus les promesses du peuplement intensif du Sahara et de sa mise en eur.

Par ailleurs, au début des expériences nucléaires, de nombreux vants et spécialistes concentraient leurs observations sur les rations externes. Depuis, les études et les observations ont établi e certaines substances radioactives s'introduisaient dans l'organe des hommes, des animaux et des plantes et émettaient des diations internes. Une de ces substances est le strontium 90.

Je n'ai pas la prétention de vouloir développer devant cette honoble Commission un thème scientifique aussi complexe, mais il y certains aspects de cette question qui sont accessibles à des gens ns prétention scientifique. Tous les savants sont d'accord que tte substance n'existait pas sur la terre et que sa présence est nction directe des explosions nucléaires. On est en mesure aujourhui de pouvoir évaluer le taux d'accumulation de strontium 90 ns le squelette humain à la suite des expériences nucléaires. Il nviendrait pour cela d'étudier la concentration de cette matière ns l'atmosphère, dans l'eau et dans le sol.

Des données, basées sur des calculs faits en Grande-Bretagne au Japon permettent heureusement de conclure que la contaminaon de l'atmosphère ne risque pas d'être un problème inquiétant ns toutes les zones de retombée. Par contre dans les régions déertiques, et à cause de l'absence de pluies fortes, les poussières dioactives ne sont pas délavées.

Le Professeur Libby estime par ailleurs que si les explosions poursuivaient au même rythme que pendant la période allant jusu'à 1955, le taux maximum de tolérance qui est d'un dixième de ose sera atteint en 1965.

D'autres computations montrent que le strontium 90 est déposé ar la pluie sur les feuilles des plantes d'où il est porté vers le sol ar la voie des feuilles autant que par celles des racines et de telles

plantes peuvent être susceptibles de servir de nourriture aux anim domestiques ou directement à la consommation humaine.

En outre de l'eau, nous recevons beaucoup de calcium simultanément de strontium) par le lait et les laitages. Les nour sons et les jeunes enfants l'obtiennent essentiellement par ces p duits. La teneur en strontium 90 du lait en poudre provenant d' installation de Yeovil a été analysée pendant quelques années et graphique a montré combien elle s'est accrue entre 1954 et 1956

Or, la dose de strontium 90 ainsi absorbée vient se fixer d les tissus osseux de l'homme et notamment dans ceux des jeu enfants. Des études faites en Angleterre sur la période 1955-19 montrent que chez ces derniers, le niveau de concentration était fois plus élevé que chez les adultes.

Il s'avère donc qu'il suffit d'une quantité minime de cette s stance radioactive accumulée par les plantes ou les animaux fais partie de notre régime alimentaire pour que le danger soit certa

Or, Monsieur le Président, les conditions climatiques et g graphiques du Sahara présentent malheureusement les caractér tiques d'une situation des plus dangereuses. La rareté des plu fait que les retombées lentes arrivent au sol chargées au maxim de radioactivité. La densité de la végétation autour des oasis et d les palmeraies constitue un élément qui retient cette radioactivité transmet au sol les substances radioactives telles que le stronti 90 ou l'iode radioactif 131 dont un excès d'irradiation au nive de la thyroïde ou dans d'autres parties du corps peut déterminer cancer.

D'autre part les aliments naturels des populations du Sahara, lait, les céréales, les dattes et la viande des troupeaux, pour nomades, sont parmi les produits les plus susceptibles d'être con minés par les retombées qui, à la faveur des multiples points d'e seraient portées de puits en puits dans les cours d'eau souterra qui constituent les plus précieuses réserves de vie dans cette régi

Ajoutons à ces indications l'action des vents, alizé continen qui souffle en hiver et au printemps du Nord-Est à une vitesse 200 km à l'heure parfois, et transportera les sables contaminés v la Mauritanie, Sakia Al Hamra et les Canaries; alizé maritime succède au vent du Nord et emportera les poussières au-dessus la Méditerranée, le vent d'Est enfin qui souffle au Sud du Sah et au Soudan.

Je signalerai en dernier lieu, et ce n'est peut-être pas l'ag le moins important, l'existence des sauterelles pélerines qui rem

t du Sud au début du printemps et qui en s'abattant presque régu-rement sur des régions entières du Maroc y transposeront les par-ules radioactives. Il est utile à ce sujet de rappeler que l'aire xtension de ce redoutable fléau englobe une zone dite de repro-ction permanente de l'espèce comprise entre les 22° et 18° paral-es qui va de l'Atlantique jusqu'au golfe Persique.

Je me doute bien de la nature des mesures ou des précautions i peuvent être prises et l'on nous objectera sans doute que l'ex-rience sera effectuée dans une zone d'où tout être vivant aura été iré préalablement. Cette précaution est effectivement indispen-ble pour éviter les morts atroces au moment même de l'explosion, is l'on sait depuis Hiroshima, Nagasaki, Bikini et Eniwetok e les effets des explosions ne sont pas seulement ceux qui sont nultanément ou immédiatement consécutifs à la déflagration. Les ets cinétiques et thermiques ont une durée limitée et leur champ ction peut être parfaitement précisé. Les dangers découlant de s effets peuvent très facilement être évités, mais il n'en est pas même hélas du phénomène radioactif qui se déroule en deux nps, dont le deuxième est marqué par la pulvérisation des frag-nts de la matière fissile qui sont transformés en poussière très e et en corps radioactifs gazeux.

Ce sont ces éléments qui retomberont plus ou moins lentement us l'action des pluies et des vents et contamineront le milieu ani-l et végétal parfois longtemps après qu'on ait cessé de penser l'explosion elle-même.

Les victimes des bombes ne sont pas seulement les cadavres e l'on ramasse dans les décombres et les ruines, mais aussi cette sse incalculable de blessés, brûlés, irradiés qui demeurent défor-s pour la vie et qui dans les salles d'observation des cliniques onisent à la satisfaction des professeurs émerveillés par un beau ncer ou une belle leucémie.

L'ouvrage publié par la Commission de l'Energie Atomique des ats-Unis, *Le péril biologique pour l'homme du carbone 14 prove-nt des armes nucléaires*. estime que les essais nucléaires jusqu'au ois de septembre 1958, provoqueraient 100.000 défectuosités ma-ures d'ordre physique ou psychique. 380.000 cas d'enfants mort-s et de mortalité infantile, 900.000 cas de décès embryonniques et o-natals. On peut évidemment minimiser l'importance de ces chif-s en prétendant qu'ils représentent un faible pourcentage de la po-lation mondiale ou en disant qu'ils ne se produiront qu'au cours ne longue période. On dira encore que la quantité de radioactivité

actuellement répandue ne serait guère augmentée par l'explos d'une bombe supplémentaire.

Ce serait là une simple pétition de principe et c'est là un mo de se dérober à la question qui s'impose. C'est également une au pétition de principe d'affirmer que le danger réel est réduit par précautions ou qu'il existe une dose admissible. Le même gro de savants qui a rédigé le rapport de la Commission de l'Ener Atomique des Etats-Unis affirme, et je cite : « Aussi sûrement l'on fait exploser une bombe, encore des milliers de personnes to beront malades et mourront quelque part dans le monde en con quence de cette action inconsidérée. »

Toutes ces données sont universellement connues, mais les perts français gardent le silence et n'accordent aucune considérat ni à l'inquiétude des peuples d'Afrique ni à leur mise en garde, à leur protestation.

La France veut avoir sa bombe ! Il s'agit semble-t-il de presti Mon pays croit profondément que les individus comme les Et n'ont que les amis qu'ils méritent. Nous n'avons jamais souh d'être les amis d'une France faible et reléguée sur le plan inter tional à une place qui soit indigne d'elle. Depuis plus d'un siè l'Afrique a participé à plus d'un titre à l'itinéraire de la France le plan international. Mais tous les Etats, grands ou petits, ont prestige à conserver ou à consolider. Nous ne pensons pas que France veuille délibérément faire fi du droit des Etats africains cette dignité — la grandeur d'un Etat commence là même où co mence son respect des autres.

Des raisons sur lesquelles ma délégation n'a pas à se pronon ont fait que la France ne s'est pas trouvée dans la même posit que certaines puissances dans le domaine de l'armement atomiq Or la force atomique est devenue dans cette nouvelle hiérarchie valeurs, le critère d'une certaine autorité pour traiter les affai internationales. La France estime-t-elle qu'elle doit rattraper écart pour renforcer sa position ? Nous n'y voyons pas d'inc vénient. Que la publicité autour de la bombe coïncide avec c tains événements en Afrique et avec une activité internation du plus haut intérêt pour la France également, cela ne nous g guère. Mais que la bombe, instrument de cette politique, expérimentée en territoire africain, l'on conviendra avec nous la conscience africaine en soit profondément choquée.

J'ai dit tout à l'heure, Monsieur le Président, que l'Afriqu participé à divers titres à l'essor de la France et à son itinér

rnational. C'est là un fait historique qu'on peut rappeler sans ention et sans gêne. A l'époque des conquêtes coloniales, la nce s'est fait en Afrique un Empire où sa bourgeoisie et son ée ont trouvé un champ d'action, l'une pour ses entreprises, tre pour établir sa tradition lorsqu'elle s'est trouvée engagée dans guerres.

Les Africains ont consenti des sacrifices qui ont assuré ses cès militaires. Aujourd'hui l'évolution se fait dans une nouvelle e et l'Afrique qui a choisi la sienne espère pouvoir y accomplir destin dans la paix et la prospérité.

Les intentions françaises qui font aujourd'hui l'objet de nos occupations ne relèvent que de la persistance du concept de ination dont la France semble n'avoir pas encore réussi à se arrasser.

Je dirai, cédant à la tentation d'emprunter un peu de son style ne importante personnalité française, « l'Afrique a été un crédit ert par l'histoire à la France et que celle-ci croit ne pas avoir isé ».

Un nouveau crédit pourrait encore être ouvert à la France et cette par la seule volonté des Africains. Mais la France, au lieu d'adap- son comportement à la nouvelle condition africaine, hypothèque avenir pourtant plein de promesses. Les peuples d'Afrique una- es, ont demandé à la France de renoncer à l'explosion de sa mbe. Le refus de prendre en considération leurs inquiétudes et rs demandes, finirait par avoir l'allure d'un défi.

Si cette bombe explose, le seul fait que l'explosion ait lieu en ique suffirait aux yeux des Africains à faire de la France la ion qui aura introduit l'atome destructeur sur leur continent.

Discours prononcé par M. Taibi Benhima, chef de la délégation marocaine, devant la Première Commission de l'O.N.U. sur la question des essais nucléaires français au Sahara, le 4 novembre 1959.

POINTS DE VUE ITALIENS

Le sirocco en Italie.

Selon le Comité National pour les Recherches Nucléaires, dur
13 jours consécutifs du mois d'août 1959, au moins quatre vents
sirocco en provenance du désert africain ont été détectés en Itali
si, durant ces mêmes jours, avait explosé la bombe atomique fr
çaise dans le Sahara, à l'heure qu'il est, de grandes quantités
poussières extrêmement chargées de radioactivité seraient tomb
sur notre pays, et pas sur lui seulement.

Le vent sirocco « Achille » par exemple, venu d'Afrique, a
teint d'abord Tarente, puis Rome, Gênes, Milan, Padoue et Veni
pour se diriger ensuite vers la Yougoslavie; 2 jours après, le
août, les vents « Castor et Pollux », originaires du Sahara, ont in
ressé premièrement l'Espagne jusqu'à l'Atlantique, deuxièmement
Sicile, la Calabre, Naples, la côte de l'Adriatique et ensuite la Y
goslavie. Il y a quelques jours seulement, un vent de ce genre, ap
être passé au-dessus de la Tunisie, de l'Espagne, du Portugal et
l'Atlantique Nord, a viré vers l'Irlande et l'Ecosse, revenant, ap
un long détour en Afrique, non sans avoir touché l'Italie mérid
nale.

Agence Ital

Extrait de Un grave rischio per la popolazione i
liana, *Rome, 1959.*

Précipitations radioactives.

En ce qui concerne les facteurs dépendant des conditions mét
rologiques, on dispose de données relatives à la fréquence et à
vitesse des vents provenant du territoire du Sahara et qui atteign

alie, mais elles ne sont pas suffisantes pour obtenir des prévi-
ns précises sur les retombées possibles. A la suite de l'intérêt
té à ces questions par le Comité National des Recherches Nu-
aires, des études sont actuellement en cours sur les éléments
téorologiques nombreux mis en jeu, afin d'arriver à une estima-
n quantitative. Mais dès aujourd'hui, on peut dire que des mas-
d'air provenant d'Afrique peuvent atteindre le ciel italien au
rs des 24 heures ou en quelques jours et que, dans des circons-
ces déterminées, des précipitations peuvent se produire sur l'Ita-
au moment du passage de telles masses. Les temps en jeu sont
fisants pour permettre à un certain nombre d'éléments radioac-
produits par l'explosion de perdre leur nocivité; mais d'autres
ments spécialement dangereux pour l'homme, comme le strontium
survivent amplement à ce temps, et par conséquent ils pour-
ent retomber encore actifs sur notre territoire et dans nos mers
s étaient transportés dans la stratosphère.

Prof. BUZZATI-TRAVERSO
Il Giorno, 30 août 1959.

inion officielle.

Le sous-secrétaire à la Santé, M. de Maria, a affirmé que le
uvernement est au courant de l'augmentation de la concentration
ioactive en Italie : « Toutefois, jusqu'à présent, elles (les pluies)
nt pas dépassé les limites de tolérance, même si quelquefois elles
ont effleurées ».

« Un inconvénient plus grave se créera si la France fait exploser,
nme elle l'a annoncé, ses propres bombes au Sahara. En fait,
alie, plus particulièrement vers le Sud, est battue par les vents
viennent de ce territoire, le Sirocco et le Libeccio ».

Extrait de Un grave rischio per la popolazione ita-
liana, *Rome, 1959.*

dioactivité du sol.

L'opinion de Mario Ageno, directeur du Laboratoire de physique
l'Institut supérieur de la santé, est qu'on doit intensifier, en vue
l'explosion atomique française, le contrôle de la radioactivité et
n seulement de la radioactivité atmosphérique, mais aussi de la

radioactivité du sol. « Les vents qui soufflent du Sahara vers l'Ita sont fréquents et rapides; si le sable qui souvent nous tombe s la tête mêlé à la pluie devient demain du sable radioactif, no sommeil pourrait bien commencer à n'être plus aussi tranquille Et il ajoute que, tout en tenant pour excessive toute position tr alarmiste, il considère néanmoins comme « coupable toute for d'optimisme aveugle et de négligence ».

Corriere della Sera, 2 septembre 1959.

Opinion de radiologues.

Les participants de la 46e réunion du groupe centre-midi de *Société italienne de radiologie médicale et de médecine nucléa* ont discuté les problèmes posés par le projet d'explosions nucléai au Sahara. Après avoir rappelé la fréquence des transports de sa du Sahara sur les territoires de Sicile, de Sardaigne et de plusieu régions méridionnales de la péninsule lors de vents dominants nant du Sud; après en avoir déduit que la dominance éventuelle tels courants aériens les jours d'explosions nucléaires causerait dépôt de fortes quantités de particules radioactives sur les régi susdites, avec une énorme augmentation de la radioactivité du s des eaux et de la végétation pouvant persister très longtemps, et qu pourrait en résulter les lésions bien connues atteignant les enfa à naître et les individus des régions en question; signalent ces gra préoccupations aux autorités gouvernementales.

Prof. CIGNOLINI, de l'Institut de Radiologie de Palerm Prof. BUSINCO, de l'Université de Cagliari, Prof. CAPU Médecin-chef à Rome, Prof. MELDOLESI, de l'Univers de Catane, Prof. TURANO, de l'Université de Rome.

4e Partie

EFFETS BIOLOGIQUES DES RETOMBEES RADIOACTIVES

Cette partie s'ouvre par un texte capital : la note présen
à l'Académie des Sciences le 14 septembre 1959 par un groupe
savants français et étrangers. Cette note rassemble les données
plus récentes dont on dispose sur les retombées nucléaires et le
effets et constitue une mise au point de cette question.

On trouvera ensuite les études approfondies sur lesquelles s'
puie cette note : celle de médecins anglais sur le cancer infanti
étendue par un travail sur les effets de l'irradiation du fœtus ; ce
de médecins américains sur les malformations congénitales d
l'Etat de New-York, précédée de considérations géochimiques
en facilitent l'intelligence ; celle du Pr Pauling sur le radiocarb
et ses dangers.

Deux études, l'une française, l'autre soviétique, sont consacr
à la question de l'existence ou de l'absence d'un seuil d'action
radiations. La dernière signale un aspect nouveau : l'action
rayonnement sur le système nerveux.

Enfin, le dossier constitué par les savants japonais à l'occas
de la conférence mondiale d'août 1959 contre les bombes A et
dresse un tableau détaillé de la situation au Japon dans ce domai
appuyé sur une grande quantité de recherches expérimentales.

us PAULING, Shoichi SAKATA, Sin-itiro TOMONAGA,
n-Pierre VIGIER et Hideki YUKAWA.

QUELQUES PRECISIONS SUR LA NATURE ' LES PROPRIETES DES RETOMBEES RADIOACTIVES ESULTANT DES EXPLOSIONS ATOMIQUES DEPUIS 1945

L'analyse la plus récente[1] de la nature et des propriétés des retombées radioactives dues aux explosions atomiques expérimentales permet de préciser le pourcentage d'accroissement de certains éléments et leurs conséquences biologiques.

Près de 200 explosions atomiques expérimentales ont eu lieu en- 1945 et la fin de l'année 1958. L'énergie ainsi libérée peut être aluée à 180 Mt de TNT environ[2] qui se décomposent approxima- ement ainsi :

— 62 Mt d'énergie de fission due aux expériences des U.S.A. du Royaume-Uni ;

— 25 Mt d'énergie de fission due aux expériences de l'U.R. S. ; auxquelles il faut ajouter une quantité égale d'énergie de fu- on et l'énergie due aux réactions des noyaux de lithium et de deu- rium pour former de l'hélium.

Comme on sait, ces explosions libèrent des produits radioactifs nt une partie retombe à la surface du globe. L'ensemble des ré- ltats officiellement publiés, en particulier les études entreprises Japon, permettent d'affirmer que loin de se répartir uniformément tour des zones d'expérience les retombées se concentrent dans

1. Cette Note résume des calculs et constatations basés sur les travaux recherches des physiciens japonais.
2. Les chiffres indiqués dans ce travail ont été systématiquement mini- isés lorsqu'ils ne reposaient pas sur des indications officielles.

certaines régions périphériques correspondant aux zones de précip tations atmosphériques les plus importantes. Ce résultat est mêm valable localement. Ainsi les retombées sur le Japon résultant d explosions expérimentales des U.S.A. et de l'U.R.S.S. se sont r parties proportionnellement aux précipitations : atteignant leur max mum sur la côte de la mer du Japon.

Ces expériences ont engendré un accroissement continu de radioactivité de l'atmosphère, de la surface du sol, des animaux des plantes. Certains nombres peuvent être actuellement précisé résultant en particulier des investigations japonaises.

1. L'accumulation de strontium 90 sur la surface du sol au mente de 3 à 6 mc/km^2 par an depuis 1955. A la fin de 1958 la conce tration atteint 15 mc/km^2 au Japon. Les dernières mesures effectué (juin-juillet 1959) mettent en évidence un nouvel accroissement 7 mc/km^2 (soit au total 22 mc/km^2) résultant des 29 dernières e plosions de l'automne 1958. Les dernières mesures effectuées s la contamination du riz brun au Japon atteignent parfois 400 SU.

2. Depuis 1954 la quantité de carbone 14 dans l'atmosphè s'accroît régulièrement de 2 % par an. Elle est donc de 10 % sup rieure à la dose naturelle de C14. La longue durée de vie de ce corp 5600 ans environ, provoquera des dégâts génétiques et somatiqu importants pour de nombreuses générations à venir.

La radioactivité due aux retombées atteint 5 % de la radioac vité naturelle et s'accroît de façon continue.

Deux points très importants peuvent être précisés relatifs :

a. aux quantités d'irradiation nécessaires pour provoquer effets dangereux pour les êtres vivants ;

b. aux effets héréditaires de l'irradiation.

a. Jusque très récemment les discussions relatives aux con quences des retombées ont porté essentiellement sur la notion « seuil ». L'argument a été développé que les quantités de radio tivité émises et observées n'ont pas encore atteint un niveau su sant pour entraîner des dégâts. Cette idée est contredite par résultats expérimentaux. Il semble bien établi que toute quant d'irradiation de haute énergie, si faible soit-elle, a une probabi non négligeable de provoquer des effets nuisibles et que la not de seuil doive être abandonnée. Ce résultat est dû, en particuli

x travaux des Docteurs Stewart, Webb et Hewitt de Grande-Bre-ne sur le cancer infantile. Ils ont recensé l'année dernière l'en-mble des enfants jusqu'à 10 ans morts de cancer infantile en gleterre, au cours d'une année, et ont effectué une étude compa-ive avec l'ensemble de la population infantile de moins de 10 ans. ont alors découvert que la principale corrélation statistique appa-ssant dans l'étude reliant l'histoire des enfants et l'apparition cancer portait sur l'exposition de l'enfant avant sa naissance aux yons X : lorsque la mère avait été soumise à des examens aux yons X dans la région pelvienne. La quantité de rayonnement reçue r le fœtus atteignait 2 r seulement en moyenne. Cette faible quan-é de rayonnement (d'un ordre de grandeur comparable à celle sultant des retombées radioactives ou du rayonnement naturel) st avérée suffisante pour doubler les chances qu'un enfant meure cancer avant l'âge de dix ans.

Partant de ces nombres un calcul élémentaire montre que la dioactivité déjà émise par les explosions expérimentales provoquera mort par leucémie et cancer des os de 140.000 personnes ac-ellement vivantes et celle d'un million de personnes par différents pes de cancer.

b. En ce qui concerne les dégâts héréditaires (mutations), les écisions suivantes peuvent être fournies. Partons de l'hypothèse e 10 % environ des mutations chez les êtres humains sont provo-ées par la radioactivité d'origine naturelle (background radiation). ette radioactivité due aux rayons cosmiques, au radium et autres rps radioactifs contenus dans l'air, le sol et l'eau qui nous entou-nt soumet en moyenne les organes reproducteurs de chaque indi-du à une irradiation de 3 r en 30 années. Le nombre exact varie ivant les conditions : plus faible pour les peuples vivant dans les gions sédimentaires, plus élevé pour ceux vivant sur les terrains origine volcanique.

Il résulte alors de l'étude comparée effectuée à New-York (pu-iée en avril 1959 dans l'*American Journal of Public Health*) pour compte du Service de Santé par le Docteur John T. Gentry et ses llaborateurs qu'on enregistre un accroissement important du nom-e d'enfants anormaux nés dans les secteurs volcaniques par rap-rt à ceux nés dans les secteurs sédimentaires. L'ampleur de cet croissement qui passe de 1,3 % d'enfants anormaux à 1,7 %, t double de celui qui aurait lieu sur la base de notre hypothèse itiale (considérée comme un minimum par les spécialistes). Il en

résulte sans aucun doute que cet accroissement est dû à l'accroiss ment de radioactivité de haute énergie provenant du sol et résulta des expériences.

Là encore des calculs élémentaires montrent que chaque sup bombe provoque par ses retombées la naissance de 15.000 enfa anormaux. Les expériences passées ayant provoqué 140.000 na sances anormales environ. Le carbone 14 déjà émis est suffisa pour entraîner à l'avenir 1.250.000 cas d'enfants anormaux [3].

Comptes rendus des séances de l'Académie d Sciences, *t. 249, pp. 982-984, séance du 14 se tembre 1959.*

3. Nous avons négligé ici les mutations dues à la transformati dans les gènes de carbone 14 en azote. *Cf.* J.R. Totter, M.R. Zella H. Holliste, *Hazard to Man of Carbon* 14 (*Science*, 128, p. 1490). *Voir* au antérieurement L. Pauling, *Genetic and Somatic effects of* C14, même ré rence, p. 1183.

UNE ENQUETE SUR LE CANCER INFANTILE

Trois médecins anglais se sont livré à une étude approfondie des relations entre les examens aux rayons X pratiqués sur les femmes et les cas de cancer et de leucémie présentés par leurs enfants. Ils ont constaté que les enfants dont les mères ont subi un examen radiologique abdominal pendant leur grossesse ont deux fois plus de chances que les autres de mourir avant dix ans d'une affection maligne. Les autres causes possibles de cancer ou de leucémie ont fait l'objet d'un examen (dont les résultats détaillés n'ont malheureusement pas pu être reproduits ici) qui souligne l'exceptionnelle gravité du danger provenant des radiations.

Section I. — Fondement de l'enquête

La présente enquête est basée sur une précédente étude des istiques concernant la leucémie (Hewitt, 1955). Celles-ci ont élé un pic inhabituel de mortalité aux troisième et quatrième ées de vie, qui montre que ladite enquête devra, en premier lieu, e restreinte aux enfants. Les investigations antérieures nous ont si conduits à l'idée qu'il serait particulièrement utile et néces- e d'étudier le rôle des innovations modernes, telles que la iologie.

thode.

Une tentative a été faite en vue d'identifier tous les enfants, en gleterre et au Pays de Galles, qui sont morts de leucémie ou de cer avant leur dixième année de 1953 à 1955 (groupe d'observa-

tion) et de comparer leur existence prénatale et postnatale a celle d'enfants sains (groupe témoin). Les détails du choix des moins et la méthode adoptée pour recueillir les données sont i qués plus loin ; mais l'idée de base a été d'obtenir les faits des m en envoyant un « docteur-enquêteur » spécialement désigné s tretenir, d'abord, avec la mère d'un enfant mort, puis avec la m d'un enfant vivant du même âge, du même sexe et de la m localité, par ailleurs choisi, au hasard, sur le registre d'état-c

Cas effectifs.

Le nombre total de morts dans la catégorie recherchée s élevé à 1.694, dont 792 dus à la leucémie et 902 aux autres can (Registrar-General, 1954-1956). En mai 1957, les mères de 1.41 ces enfants avaient été interrogées (677 leucémies et 739 au cancers). Les cas perdus représentent 16,4 % du du total, 6,8 % concernant des familles qui ont quitté le pays ou sont pa pour une destination inconnue et 3,1 % où l'entretien ne put arrangé à temps. Le reste représente les refus de coopérer, 4. de la part des parents et 2,0 % de la part des docteurs.

. . . . . .

Caractéristiques démographiques.

Les informations suivantes concernant l'âge, le sexe et la l lité des cas considérés sont basées non sur les résultats de l'enq mais sur les actes de décès.

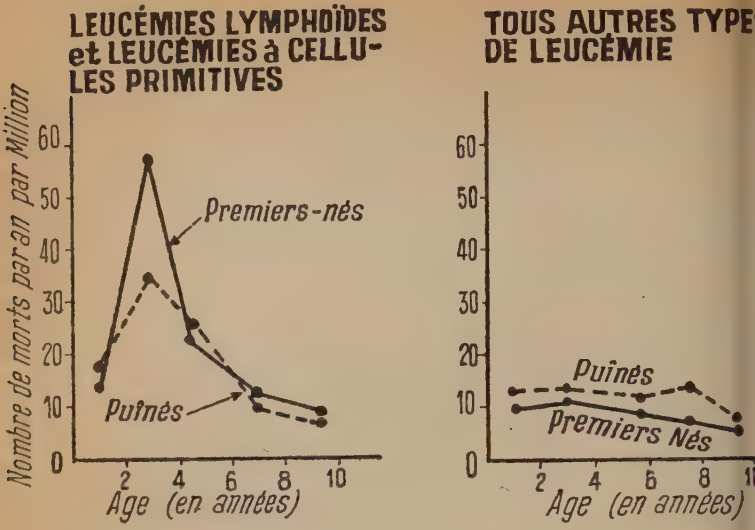
Age et sexe. — Le taux de mortalité est plus élevé chez garçons que chez les filles et chez les enfants de moins de cinq que chez ceux âgés de 5 à 10 ans. Dans la série des leucémies pic de mortalité précoce apparaît, du fait d'un taux de mortalité élevé chez les enfants de 2 à 4 ans que chez les enfants plus je ou plus âgés.

Localité. — Hormis deux régions — Surrey et Manchester qui présentent un excès suggestif de morts par leucémie, la rép tion géographique de ces morts et des morts par les autres can s'est avérée d'une remarquable uniformité. La classification les villes, en fonction de leur importance, révèle de plus gr contrastes, mais les plus hauts taux de mortalité se trouvent les villes moyennes et non dans les plus grandes (voir tableau

eau I. — *Rapports de mortalité comparative pour le groupe e de 0 à 14 ans dans des ensembles de cinq densités, 1953-55 (Angleterre et Pays-de-Galles = 100).*

	Leucémies	Autres tumeurs malignes
ilieues	108	100
lles de plus de 100.000 habitants	98	100
lles de 50.000 à 100.000 habitants	124	110
lles de moins de 50.000 habitants	92	96
gions rurales	86	100
^{2} (4)	12.372	1.451
leur de P	<0,02	>0,80

Répartition par ordre de naissance. — Le groupe-témoin conte- un nombre insuffisant d'enfants premier-nés, la répartition des par ordre de naissance, a été comparée aux chiffres nationaux r les années qui correspondaient à la naissance de ces enfants c'est-à-dire 1943-1955 (Registrar-General, 1945-1956). Selon statistiques, la répartition des cancers infantiles autres que les émies suivant l'ordre de naissance est typique pour l'ensemble la population, mais parmi les enfants leucémiques, apparaît un édent de 10 % des enfants premier-nés. La subdivision de ces nts en deux groupes — (*1*) leucémies lymphoïdes et leucémies llules primitives et (*2*) autres leucémies — révèle d'autres par- larités (voir figures). Ainsi, entre 2 et 4 ans, la répartition des émies lymphoïdes et leucémies à cellules primitives indique un ue 70 % plus élevé pour les enfants premier-nés que pour les nés. Que ce risque provienne de particularités pré ou postna- s des enfants premier-nés, nous l'ignorons. Cependant, c'est la talité dans cet étroit groupe d'âge qui est grandement respon- le de l'accroissement remarquable après la guerre de la mortalité ntile du fait des leucémies, à la fois dans ce pays et aux Etats- is (Hewitt, 1955). Nos propres données sur l'exposition postna- aux rayons X suggèrent aussi que certains des enfants qui ont



Taux approximatif de mortalité par leucémies des enfants p
mier-nés et suivants, 1953-55. Ces taux sont basés sur seulem
663 cas de leucémies, de parité maternelle connue. L'inclusion
14 cas adoptés et de 115 cas non suivis de près aurait quel
peu élevé les taux par million mais n'aurait probablement
modifié l'apparence des courbes.

atteint deux ans mais sont morts de leucémie avant l'âge de qu
ans, appartiennent à un groupe étiologique séparé.

Age de la mère. — L'âge moyen des mères au moment d
naissance des enfants considérés était de 28,91 ans pour les
cémies et de 28,43 pour les autres formes de cancers — c'est-à-
que le groupe comprenant la plus forte proportion de primipares é
en moyenne, *plus âgé* de 25 semaines que l'autre groupe. Un e
men plus poussé de l'âge maternel a montré que cette plus gra
moyenne était déterminée par un petit groupe de mères ayant
passé quarante ans à la naissance de l'enfant leucémique. Ces m
représentent 6,9 % des séries leucémiques et seulement 3,5 %
autres séries de cancers.

Pour éviter la confusion due à la haute incidence de mongoli
dans les séries leucémiques, les mères de mongoliens furent exc
de l'analyse suivante et les primipares séparés des multipares. D
le dernier groupe (qui comprend le gros des femmes de plus
quarante ans), l'âge moyen était de 52 semaines plus élevé pour
leucémies que pour les autres formes de cancers, différence st

nent significative ($P < 0,01$). L'âge de la mère semblant ne voir d'influence dominante sur les autres cancers infantiles, différence donne à penser que le risque de mourir de leucémie l'âge de dix ans est deux fois plus grand que la normale lorsa mère est âgée de plus de quarante ans à la naissance (cette ation ne dépend en aucune façon de l'incidence légèrement ieure des examens obstétriques aux rayons X chez les femmes certain âge). Les observations indépendantes, premièrement grand nombre de mongoliens dans les séries leucémiques, et, èmement, d'un relativement grand nombre de mères « âgées » lesdites séries suggèrent que la leucémie infantile et le monne sont influencés par un facteur commun, plutôt que le fait ne maladie prédispose à l'autre. Une récente enquête américain sur l'âge de mères d'enfants atteints de leucémie et d'autres ers a montré également ces mêmes contrastes (Manning et oll, 1957).

Répartition suivant la classe sociale. — La base de la répartition nt la classe sociale a été la profession du père. Un état du u familial a aussi été obtenu pour 87 % des cas et 88 % des ins. Etant bien connu que les familles de professions libérales gent de domicile plus souvent que les familles ouvrières, la tition sociale et économique a été établie séparément pour les ts ayant déménagé après leur naissance (migrant series) et ceux sont restés au même endroit (static series). Sur cette base, il a virtuellement aucune différence aussi bien entre les cas et les ins qu'entre les cas de leucémies et les cas d'autres cancers. taux national de mortalité semble indiquer que les morts par émie à des âges supérieurs présentent une courbe sociale asante, et les autres morts par cancer une courbe légèrement desante).

Section II. — Histoire des rayons X chez les mères

Bien que les mères aient été questionnées d'abord sur leurs en- et seulement ensuite sur leur propre santé, nous traiterons en ier l'histoire des irradiations X chez les mères et celle de maladies. Ces renseignements ont été notés séparément pour a première période, avant le mariage; (2) la période moyenne, le mariage et la grossesse considérée; et (3) la période termi-, pendant la grossesse considérée. Trois catégories d'exposiaux rayons ont été distinguées — thérapeutique, profession-

neile et pour diagnostic. Nous n'aurons pas à nous attarder sur deux premières. Seulement 16 mères (7 cas, 9 témoins) ont recours à la radiothérapie et le traitement ne coïncida jamais la grossesse considérée. Dix-neuf autres mères (12 cas, 7 témo peuvent avoir été exposées aux rayons X au cours de leur tra et trois d'entre elles — toutes mères de cas — continuèrent travail pendant la période terminale. Les professions en ques étaient : infirmière dans un service de radiothérapie, infirmière un service de radiologie, ouvrière dans le contrôle des métaux.

Histoires des diagnostics par rayons X.

Un résumé de l'histoire des diagnostics par rayons X subis les mères est donné dans le tableau II. Les chiffres se rappor aux trois périodes indiquées, séparément et conjointement, et deux types principaux d'examen aux rayons X (abdominal et autr Ils représentent le nombre de *mères*, non le nombre de clichés d'examens — c'est-à-dire qu'aucune femme n'a été comptée

Tableau II. — *Nombre de mères ayant subi un examen rayons X de différentes parties du corps (abdomen et aut au cours des trois périodes (voir texte).*

Période	Examens radiologiques		
	Abdominal	Autres	Total expositi
Avant le mariage	*44/26 = 1,69	335/275 = 1,22	361/296 = 1,2
Entre le mariage et la conception	109/121 = 0,90	213/185 = 1,16	304/285 = 1,0
Pendant la grossesse	178/ 93 = 1,91	117/100 = 1,17	273/184 = 1,4
Toutes les périodes	296/215 = 1,38	531/456 = 1,16	692/593 = 1,1

* 44/26, etc., représente le rapport mères-cas et mères-témoins.

Le rapport cas/témoin de 1,91 pour l'exposition abdomi aux rayons X pendant la grossesse considérée (1) diffère du port « attendu » (1,00) au niveau de $P < 10^{-7}$; (2) diffère du port corespondant pour les autres expositions aux rayons X (au niveau $P \sim 0{,}011$ et du rapport pour les autres expositions rayons X durant les trois périodes (1,16) au niveau $P < 0{,}001$ (3) diffère du rapport pour les expositions abdominales rayons X durant les trois périodes (1,38) au niveau $P \sim 0{,}01$

d'un dans chacun des postes du tableau (en conséquence, les res correspondant à « toutes périodes » et au « total des sitions aux rayons X » sont sensiblement plus bas que la somme chiffres correspondant à chaque période et à chaque type d'exa-). Les chiffres de droite dans chaque colonne représentent le ort entre le nombre de mères-cas et le nombre correspondant de es-témoins.

On peut voir que 692 mères de cas ont subi au moins une expo-n radiologique pour diagnostic contre seulement 593 mères de oins, d'où un rapport cas/témoin de 1,17. Bien que cet excé-t du côté des cas soit significatif, il n'est pas très grand et peut t-être être attribué à un défaut d'information relatif quant aux sitions radiologiques chez les témoins. Cependant, si le défaut formation de la part des mères-témoins était la seule raison de cédent des cas, on pourrait s'attendre à trouver des rapports /témoins similaires pour chaque type d'examen et pour chaque ode de vie. En fait, le rapport est plus élevé pour l'examen ominal (1,38) que pour les autres types d'examen (1,16), et s élevé pour tous les examens durant la grossesse considérée 48) que durant les périodes précédentes (1,22 et 1,07). Entre es, le rapport concernant les examens radiologiques abdominaux ant la grossesse est particulièrement élevé (1,91). La probabilité btenir un rapport aussi élevé est inférieure à un sur dix millions. plus, comme la note du tableau le montre, ce rapport est, signi-tivement, plus élevé que le rapport concernant les examens radio-ques des autres parties du corps dans cette période, et que le port concernant les examens radiologiques abdominaux en géné-On constate donc, en première évidence, que l'examen radio-que abdominal durant la grossesse — le seul type d'examen en-nant l'exposition directe du fœtus — peut contribuer à l'étiologie affections malignes chez les enfants.

.....

ation dose-réponse.

Les efforts entrepris pour recueillir des données en vue de l'étude effets suivant la dose de radiation ont rencontré de grandes ficultés. Les dossiers ont dû être demandés à plus de 200 hôpi-x différents, et beaucoup se référaient à des faits vieux de plus cinq ans. Les radiologistes ont fourni tous les détails techniques ables, mais ceux-ci étaient rarement suffisants pour permettre

le calcul de la dose. Finalement, nous avons été réduits à utili comme un index de dose extrêmement grossier, le nombre de cli que l'on croyait avoir été pris, bien que cela même ne fût le souvent qu'une conjecture raisonnée des radiologues et ne con pas les clichés rejetés par le radiographe. Le tableau VIII d une classification, sur cette base, des cas et des témoins. Exc dans le groupe sans clichés, les nombres sont petits et, de ce fait

Tableau VIII. — *Répartition des cas et des témoins irradié utero selon le nombre enregistré de clichés abdominaux durant la grossesse considérée.*

Nombre de clichés	Cas	Témoins	Rapport
0	1.121	1.206	0,93
1	37	27	1,37
2	60	26	2,31
3	23	18	1,28
4 ou plus	32	10	3,20
(nombre inconnu)	(26)	(12)	(2,17)
Total	1.299	1.299	1,00

possibilités d'erreurs des rapports cas/témoins sont grandes. groupe correspondant à 3 clichés brise l'ordre ascendant des ports, mais, du moins, le rapport le plus bas et le rapport le haut (0,93 et 3,20) correspondent aux nombres de clichés le bas et le plus haut (aucun et 4 et plus). Un petit groupe de m non distingué dans le tableau, ayant subi cinq examens radio ques ou plus durant la grossesse considérée, comprend 15 c seulement 2 témoins. Ainsi les chiffres sont compatibles, bien c ne l'établissent pas, avec une relation entre une dose crois et un risque croissant.

Effet du moment de l'exposition.

La date d'exposition est, dans la plupart des cas, certaine sur cette base, on a classé chaque mère selon le mois de la

re exposition (voir tableau IX). On ne compte pas une seule e examinée moins de 28 jours après la conception, et seulement nères ont été soumises aux radiations de façon certaine dans la nière moitié de la grossesse. Cependant, ce petit groupe com- nd 18 cas et seulement 2 témoins, ce qui représente un rapport témoin beaucoup plus élevé que celui correspondant aux expo- ns durant la seconde moitié de la grossesse (148 cas, 83 té- ns). Dans la seconde moitié de la grossesse, les variations sont es dans le domaine des variations dues au hasard.

bleau IX. — *Répartition des cas et des témoins irradiés in utero selon le mois de la grossesse.*

riode de gestation (en mois)	Cas	Témoins	Rapport cas/témoins
r au 5ème	18	2	(9,00)
me, 7ème	15	9	1,67
me	20	19	1,05
me	55	30	1,83
ème	58	25	2,32
tal connu	166	85	1,95
connu	12	8	(1,50)
Total	178	93	1,91

Une comparaison statistique des cas et des témoins dans les nq catégories « connues » ci-dessus donne χ^2 (4) = 9,656, dans uel $P < 0,05$.

nsibilité des tissus.

Des travaux antérieurs suggèrent que, chez les adultes, la leucé- e a davantage de chances d'être provoquée par les radiations ioni- ntes que les autres affections malignes (Court-Brown et Doll, 1957; ber, 1957). Mais nos propres données indiquent que, chez le

fœtus, il peut y avoir d'autres tissus qui sont au moins aussi sen bles aux rayons X que le système réticulo-endothélial (voir bleau X).

Tableau X. — *Incidence comparative de l'irradiation fœt directe dans huit groupes de diagnostics.*

Diagnostics	Nombre de cas	Irradiés in utero		
		%	Nbre réel	Nbre su
Leucémies lymphoïdes	292	14,4	42	40,31
Myélobastiques	124	7,3	9	16,24
Leucémies à cellules primitives et autres	203	13,8	28	27,93
Lymphosarcomes, autres réticuloses	109	7,3	8	14,24
Tumeurs malignes du SNC	212	12,7	27	28,75
" " rein	120	15,8	19	16,68
" surrénales (incl. tous neuroblastomes)	87	18,4	16	12,68
Tumeurs malignes d'autres parties du corps	152	19,1	29	21,16
Total	1.299	13,7	178	177,99

Dans une table 8×2 la comparaison des nombres réels et posés, irradiés et non irradiés donne χ^2 (,) = 11,832, contre 12 au niveau de P = 0,10.

Dans ce tableau, les cas ont été divisés en huit groupes de d nostics, et le nombre de cas irradiés dans chacun d'eux est com au nombre qui aurait dû résulter d'une irradiation uniforme p les cas. En calculant ces nombres supposés, nous les avons ra en groupes d'âges de dix ans, de façon à tenir compte des cha ments survenus dans la pratique radiologique, durant les an pendant lesquelles les enfants considérés sont nés. Sur cette b les différences entre les nombres réels et supposés sont d'une g

telle que, dans les conditions dues au hasard, elle devrait appa-
e une fois sur dix échantillons. Le groupe intitulé « autres par-
du corps » a le plus haut pourcentage (19,1 %). Il comprenait
tinoblastomes avec trois irradiations, et 12 teratomes avec sept
liations. Nous avons hésité à tirer une conclusion quelconque
ujet des rétinoblastomes du fait que, dans une série indépen-
e de 39 enfants ayant survécu à l'ablation d'un rétinoblastome,
trouva seulement sept examens radiologiques prénataux, ce qui
épasse pas la moyenne pour les autres formes de cancer. Cepen-
, la chance de rencontrer sept irradiations dans 12 cas est seule-
t d'une sur mille ; aussi est-il possible que les nids de tissu em-
nnaire contenus dans les teratomes soient exceptionnellement
osensibles.

ts différés de l'irradiation fœtale.

L'enquête a été délibérément restreinte aux enfants de moins de
ans, en partant de l'idée que c'était un délai-limite convenable
r espérer obtenir des mères qu'elles se souviennent des faits.
s en agissant ainsi, nous avons peut-être omis quelques-unes des
séquences de l'irradiation fœtale directe. Si les effets de l'irra-
ion sont épuisés à l'âge de dix ans, on pourrait s'attendre à ce
le rapport cas/témoin pour l'irradiation fœtale soit plus élevé
r les enfants de moins de cinq ans à la date de départ que pour
x de cinq ans et plus. Mais, ainsi que le montre le tableau XI, ce
port est 1,73 pour les enfants plus jeunes et 2,50 pour les plus
s.

bleau XI. — *Rapport cas/témoin pour l'irradiation fœtale*
ecte. Comparaison des cas et des témoins du point de vue de l'âge à la « date finale ».

	Cas	Témoins	Rapport
orts entre 0 et 4 ans	123	71	1,73
orts entre 5 et 9 ans	55	22	2,50
orts entre 0 et 9 ans	178	93	1,91

Estimations des risques.

Les estimations suivantes sont basées sur les chiffres don dans le tableau II et représentent nécessairement une évaluation gr sière de la situation. Dans le groupe d'observation, 13,7 % enfants ont été exposés aux radiations avant la naissance et 86,3 ne l'ont pas été. Les pourcentages correspondants pour les enfa témoins sont 7,2 et 92,8. Sur cette base, les enfants qui ont exposés aux rayons X *in utero* ont $\frac{(13,7 \times 92,8)}{(7,2 \times 86,3)}$ fois, ou deux plus de probabilité de mourir d'une affection maligne avant dixième année que les autres enfants. Puisque, à l'heure actue environ un sur 1.200 enfants meurent de cette façon en Gran Bretagne, il s'ensuit que moins d'un pour mille examens radi giques prénataux a conduit à la mort par affection maligne av l'âge de dix ans. Une autre façon d'exprimer cette estimation de dire que les examens radiologiques abdominaux de femmes ceintes ont été, ces dernières années, responsables de (13,7 7,2) %, soit environ 6 à 7 % de toutes les morts par affections lignes avant l'âge de dix ans.

Pour nous résumer : il ne paraît y avoir aucun doute qu'il ex une relation causale entre l'exposition prénatale aux rayons X e développement ultérieur d'une affection maligne; et il existe indications montrant que le risque dépend à la fois de la dose radiation et de la date d'exposition. Rien ne semble indiquer l'irradiation *in utero* explique le pic précoce de mortalité par cémie et elle peut même entraîner la mort par affection maligne a l'âge de dix ans. Les grossières estimations du risque qui sont nées ici s'appliquent seulement à une certaine période et pour doses de radiation en usage pendant cette période. La radiothér chez les femmes enceintes est, de toute évidence, un fait ex mement rare dans ce pays, et ne contribue en rien aux cas considé

British Medical Journal, *1, 1958, extraits 1495, 1496, 1497, 1499, 1500.*

L'IRRADIATION FŒTALE ET LES RETOMBEES RADIOACTIVES

Un examen des données connues sur les effets de l'irradiation de fœtus en fonction des doses reçues, de l'intensité de la radiation, de la nature de l'irradiation, confirme notamment que les doses actuelles de retombées radioactives causent une augmentation de un pour cent du nombre des enfants de moins de dix ans morts de cancers.

Des études récentes sur les effets carcinogéniques d'une irra-tion exceptionnellement faible (~ 2 r) dans le fœtus humain au ırs d'un examen radiologique de pelvimétrie sur la mère per-ttent d'estimer que les doses actuelles de retombées radioactives ~ 20 mr dans le fœtus) causent une augmentation d'environ 1 pour nt du nombre des décès dus à toutes les formes de cancer chez des fants âgés de 0 à 10 ans. Selon des évaluations semblables, la dioactivité provenant de sources naturelles serait responsable d'en-ron 5 pour cent de tous les décès dus au cancer chez les enfants és de 0 à 10 ans. De telles évaluations permettent de supposer que : les effets des radiations sur le fœtus sont proportionnels ou pres-e proportionnels pour les doses allant de 20 mr à 2r, puisque) mr = 0,02 r, soit 1 pour cent de 2 r. De même, une dose de dioactivité provenant de source naturelle de 100 mr sur le fœtus oduirait 5 pour cent des effets; 2) les effets ne dépendent aucu-ement de l'intensité d'irradiation.

La valeur et la possibilité d'application de ces suppositions sont xaminées plus loin. Cependant, on peut d'ores et déjà établir que es évaluations, qui proviennent entièrement de données concernant exposition humaine aux radiations, ne reposent pas sur autant de

suppositions et d'extrapolations que toutes celles qui ont été ava cées jusqu'à présent. En un mot, on ne peut faire mieux actuel ment pour la solution des importants et urgents problèmes relat aux effets carcinogéniques possibles sur les enfants de radiatio de faible intensité provenant de retombées radioactives, de sourc naturelles et de sources diverses.

Je me propose d'examiner la base qui a servi à l'élaboration ces calculs ainsi que leurs conséquences pour la réalisation d'é périences et d'études statistiques destinées à vérifier l'existen des effets carcinogéniques des radiations de très faible intens (< 10 r) sur des groupes humains. Il est également intéressant rechercher d'autres conséquences de l'irradiation fœtale dans d'aut domaines tels que le seuil et l'évaluation des accidents impliqu la libération de matières radioactives.

Constatations concernant l'irradiation « in utero ».

Les chiffres donnés ci-dessous proviennent des conclusions Stewart, Webb et Hewitt (*1*). Au cours d'une enquête étayée des données statistiques scrupuleuses, ces trois savants se sont e ployés à identifier tous les décès dus à la leucémie ou au cancer ch des enfants âgés de moins de 10 ans, en Angleterre et au Pays Galles, au cours des années 1953-55. Ils ont comparé ces enfa au cours de leur existence prénatale et postnatale avec un nomb égal d'enfants sains : le groupe témoin. Les données nécessai ont été recueillies auprès des mères par un « docteur-enquêteur spécialement désigné pour s'entretenir tout d'abord avec la mè d'un enfant décédé, puis avec celle d'un enfant vivant, du mê âge et du même sexe et habitant la même localité, mais, par ailleu choisi au hasard sur le registre d'état-civil. Au mois de mai 195 l'enquête avait été menée auprès des mères de 1.416 enfants (s un total de 1.694) décédés à la suite de cancers (677 leucémies 739 autres formes de cancer) ainsi qu'auprès de 1.416 mères d'e fants constituant le groupe témoin.

Des précautions extrêmes ont été prises pour éliminer toutes sources d'erreur et d'appréciation subjective dans le choix des morbides comme dans celui des sujets témoins. Des facte communs relatifs à ces deux catégories tels que les pratiques an conceptionnelles, maladies, absorption d'antibiotiques par les fants, exposition postnatale aux rayons X, etc., ont été examin et évalués.

Au cours de cette étude rétrospective, Stewart, Webb et Hewitt découvert que des enfants ayant été soumis aux rayons X « in o » et ayant reçu ainsi une dose de radiation d'à peu près 2 r ent exposés environ deux fois plus que les autres enfants à mou- d'une affection maligne avant l'âge de 10 ans. L'irradiation le s'est produite lors d'un examen radiologique de pelvimétrie ours du dernier trimestre de la période de gestation.

Il faut tenir compte que le taux exact d'accroissement du nom- des décès dus au cancer chez les enfants ayant été soumis à une diation « in utero », lors d'un examen radiologique de pelvimé- pratiqué sur la mère, peut être légèrement inférieur ou supérieur facteur 2 indiqué par Stewart. En outre, on ne peut connaître c exactitude les doses d'irradiation reçues par le fœtus. Il est sible, par exemple, que celui-ci reçoive jusqu'à 10 r lors d'exa- ns radiologiques courants de pelvimétrie par suite de la techni- utilisée. Mais l'essentiel, en dépit du caractère expérimental de s estimations et de l'importante marge d'incertitude, est que des es de radiation d'une intensité assez faible pour être voisine de e des radiations provenant des retombées et des sources naturelles araissent dorénavant comme un facteur d'accroissement sensible nombre des décès dus au cancer chez les enfants.

Il est nécessaire tout d'abord de s'assurer de la validité des con- sions auxquelles Stewart a abouti. C'est ainsi que des études sem- bles en cours dans l'Etat de Louisiane (*2*) et à Boston (*3*) corro- ent dans une grande mesure les constatations de Stewart. Une nde partie des critiques formulées (*4*) s'adressaient au rapport alable présenté par Stewart et d'autres (*5*) dans lequel manquaient cessairement les détails concernant les méthodes statistiques et de ntrôle dont une bonne description figure dans le rapport final. Cer- ns parmi ceux qui critiquent les travaux de Stewart et qui igno- nt apparemment le contenu de son rapport final, ont émis l'hypo- èse que plusieurs ou même tous les décès supplémentaires dus cancer s'expliquaient par le fait que les mères des enfants décé- s évoquaient plus fréquemment les radiations abdominales reçues r elles. En fait, Stewart et ses compagnons avaient précisément arté une telle possibilité grâce à des enquêtes statistiques menées ec soin. En outre, au cours de l'étude semblable effectuée en uisiane (*2*), les données ont été recueillies auprès de sources ofessionnelles, ce qui réduit les risques de manifestations émotives d'évocation sélective des souvenirs chez les informateurs.

Il faut en conclure, à moins que des preuves d'une importan comparable ne soient fournies en faveur de la thèse adverse, q l'effet carcinogénique de l'irradiation fœtale directe découvert p Stewart et d'autres ne découle pas d'une construction arbitraire.

Doses de radiation fœtale.

Le deuxième aspect des constatations de Stewart qui doit êt examiné est la dose reçue par le fœtus au cours d'un examen radi logique de pelvimétrie. En partant de mesures de la dose gonad ou intravaginale totale reçue par la mère au cours d'un tel exame on a évalué la dose fœtale correspondante moyenne (*6-9*) mais tout ces estimations doivent être considérées comme incertaines. Berm et Sonnenblick (*8*) ont fait remarquer qu'étant donné le lieu où trouve le fœtus et sa position, l'exposition somatique de ce derni aux radiations n'était que partielle au cours d'un examen pelvim trique. J'ai estimé à 2 r la dose somatique totale moyenne reç par le fœtus, une telle estimation concordant approximativeme avec les évaluations qui ont cours habituellement.

L'estimation de deux autres doses est nécessaire pour nos ca culs. Il s'agit des doses totales reçues par le fœtus en provenanc d'une part, de retombées radioactives et, d'autre part, des sourc naturelles de radioactivité au cours des neuf mois de gestation. C supposera que la somme du rayonnement gamma et du rayonn ment bêta qui atteint le fœtus est équivalente à celle reçue par mère, en dépit des différences de localisation et de rétention certains des produits de fission et des éléments radioactifs naturel

Evaluons tout d'abord la dose moyenne de radiation provena des sources naturelles de radioactivité. Les meilleures estimatio de l'irradiation totale reçue par l'homme en provenance de tout les sources naturelles — internes et externes — sont celles fourni par l'ONU (*9*, page 58) et par Langham et Anderson (*10*). C sources donnent de 125 à 134 mr par an : il s'agit là de la do totale moyenne d'irradiation fournie à l'homme par les sources n turelles. Nous supposerons donc que le fœtus reçoit 100 mr d sources naturelles de radioactivité au cours des neuf mois de la ge tation.

On ne peut estimer qu'approximativement la dose somatiq totale de radiation fournie au fœtus par les retombées radioactive J'ai tenu compte dans mes calculs du fait qu'au cours des cinq de

ères années, les essais de bombes ont été particulièrement mas-fs et fréquents. La fréquence est importante parce qu'une grande action des radiations auxquelles nous sommes exposés provient es produits de fission émetteurs de rayonnement gamma qui se dé-osent sur le sol, notamment les isotopes Zr 95 et Nb 95, l'ascen-ant Zr 95 ayant une période de 65 jours. Au cours de travaux onsciencieux, Gustafson, Marinelli et Brar (*11*) ont trouvé que es retombées relativement fraîches présentes dans un sol dont les chantillons avaient été recueillis en octobre 1957 fournissaient l'organisme humain une dose de radiation de 22 mr par an, pro-enant d'émetteurs de rayonnement gamma. Des expositions transi-oires à des produits de fission de courte période tels que le I 131 et e Sr 89 fournissent au fœtus des doses importantes qui sont souvent égligées après le calcul des moyennes annuelles. Il faut tenir ompte que dans le cas de produits de fission émetteurs de rayons amma à l'intérieur de l'organisme, le fœtus reçoit une certaine ose de radiation provenant de ces isotopes qui se sont déposés dans 'organisme de la mère elle-même.

Me fondant sur les données concernant les émetteurs inter-nes (*10*) ainsi que sur les doses de radiations externes provenant les retombées sur le sol, j'estime que la radiation reçue par le fœtus u cours des neuf mois de la gestation est au moins égale à la valeur uivante :

Iode 131	1 mr
Strontium 90	2 mr
Césium 137	1 mr
Divers (Ru 103, C 14, Sr 89, Zn 65, etc.)	1 mr
Radiations externes provenant du sol	5 mr
(Compte tenu des effets atmosphériques et de protection, les résultats ont été divisés par 4.)	
Total	10 mr

Il est nécessaire de considérer qu'un petit pourcentage de la population du globe a reçu au moins une dose deux fois plus forte que les expositions moyennes énumérées ci-dessus et que le diviseur résultant des effets atmosphériques et de protection est inférieur à 4 dans de nombreuses régions à forte population (*9*, page 119). Ces diviseurs, plus un diviseur « de sécurité » m'amènent à admettre que les doses fœtales provenant des retombées s'échelonnent

de 10 à 30 mr au cours des neuf mois de la gestation pour u fraction appréciable de la population du globe. Pour les estimatio données plus loin, je prendrai 20 mr comme base de calcul.

Il résulte des constatations de Stewart et des estimations dessus concernant les doses de radiation provenant des retombé et des sources naturelles, et en tenant compte des hypothèses posé au début du présent article, que :

1. Les niveaux actuels des retombées radioactives peuvent pr duire une augmentation d'environ 1 pour cent du taux d décès dus au cancer chez les enfants âgés de 0 à 10 ans.
2. La radioactivité provenant de sources naturelles serait re ponsable d'environ 5 pour cent de tous les décès dus cancer chez les enfants âgés de 0 à 10 ans.

Facteurs de seuil.

Les constatations de Stewart ont une portée générale en ce q concerne la question de l'existence d'un seuil de radiation. Le f qu'une dose d'environ 2 r appliquée « in utero » produit un eff relativement important, à savoir une augmentation de 100 pour ce de la probabilité d'apparition d'un cancer mortel, signifie que nombre de r nécessaire pour que le taux des décès dus au canc augmente de 1 pour cent serait inférieur à 2 r.

Un seuil, s'il en existe, doit nécessairement être situé en de sous d'une dose de doublement d'environ 2 r. Il n'y a aucun arg ment biologique ou physique généralement acceptable justifiant l'h pothèse avancée pour la circonstance selon laquelle un seuil s'éte de 20 mr à 2 r; il semble donc prudent, actuellement, de conclu qu'il n'existe pas de seuil de radiation pour le fœtus au-dessus 20 mr. L'idée d'un seuil ne doit plus dorénavant être un facte lors de l'établissement de niveaux admissibles pour la populati mondiale.

Les effets de l'intensité d'irradiation.

Une faible intensité d'irradiation est un des facteurs qui din nuent, dans certaines conditions, l'ampleur des effets des radiation La radiation reçue par le fœtus au cours d'un examen radiologique pelvimétrie est pratiquement instantanée, alors que la dose prov nant des retombées ou des sources naturelles est fournie au cou

une période de neuf mois. Pourtant, on ne se rend pas compte rfois que la preuve avancée à l'appui de la thèse selon laquelle ne radiation fournie à une faible intensité est moins carcinogénique u'une radiation de forte intensité, est basée sur des doses totales evées, de ~ 200 r ou plus. Il n'existe actuellement aucune preuve recte pour ou contre la présence d'un effet d'intensité pour des nséquences chroniques telles que le cancer ou l'abaissement de la ngévité dans le cas de la gamme des doses de l'ordre de quelques ou moins (*12*). Les résultats expérimentaux concernant l'abaisse- ent de la longévité (*13*) et certains effets génétiques (*14*) indiquent ue les effets de l'intensité, qui sont considérables pour des doses nportantes et des intensités relativement élevées, tendent à dis- araître lorsque décroissent la dose et l'intensité.

Un autre facteur susceptible de conditionner l'ampleur du risque st la relation existant entre la radiosensibilité du fœtus et le temps coulé depuis sa conception. Les données concernant les examens adiologiques de pelvimétrie proviennent de fœtus humains soumis une irradiation au cours de leur dernier trimestre. Cepen- lant, l'irradiation somatique produite par les retombées et les sources aturelles commence dès la conception. Il est universellement admis que le fœtus a une radiosensibilité maximum au cours du premier rimestre de la gestation et, en fait, on admet que la vulnérabilité ux radiations est plus grande au cours de toute la période utérine que pendant la période postnatale (*9*, chapitre V, pp. 15, 16, 17).

Les conséquences de l'irradiation fœtale.

Il est intéressant d'examiner des exemples précis des consé- quences possibles de l'irradiation provenant des retombées et des sources naturelles sur le fœtus. Selon des statistiques démographi- ques publiées actuellement (*18*), 3.000 enfants environ âgés de 0 à 10 ans meurent chaque année aux Etats-Unis par suite des diverses formes de cancer, les leucémies étant responsables de la moitié de ces décès approximativement. Il résulte des estimations avancées dans le présent article que sur ces 3.000 cas de cancer mortel chez des enfants, 30 à peu près pourraient être causés par des radiations provenant des retombées (1 pour cent de 3.000) et 150 par les radiations provenant des sources naturelles (5 pour cent de 3.000). Cela signifie également que les radiations ionisantes elles-mêmes ne constituent probablement pas une cause essentielle de leucémies

et de cancer chez les enfants. C'est là une conclusion citée p
Stewart et d'autres (*1*) et Burnet (*19*).

Toutefois, il est intéressant de remarquer que les radiations p
venant des examens radiologiques de pelvimétrie, destinés à étab
un diagnostic médical, pourraient constituer une cause apprécia
de décès infantiles dus au cancer dans de nombreux pays. C'
ainsi qu'actuellement, on estime que 11 pour cent des enfants am
ricains sont soumis à une irradiation « in utero » lors d'exame
radiologiques de pelvimétrie (7, page 14). Etant donné qu'il y
3.000 cas mortels de cancer par an aux Etats-Unis chez les enfa
âgés de 0 à 10 ans, environ 400 de ces cas peuvent être attribu
aux examens radiologiques de pelvimétrie *. Bien que certains rad
logues prétendent que la fréquence des examens radiologiques
pelvimétrie soit en diminution (p. ex. 20), de telles affirmati
resteront dénuées de fondement tant que des preuves supplém
taires ne seront pas fournies à l'appui **. Les données concern
la fréquence des examens radiologiques servant à l'établissement
diagnostics doivent être basées sur des enquêtes embrassant

* On a été conduit à cette estimation du nombre des décès infant
dus au cancer à la suite d'examens radiologiques de pelvimétrie par
déductions suivantes : Au cours d'une année quelconque, il y a envi
4.000.000 de naissances aux Etats-Unis. Sur ce nombre, 4.000.000 × 0,11,
440.000 fœtus ont subi une irradiation « in utero » à la suite d'exan
radiologique de pelvimétrie. Le taux normal de mortalité à la suite
cancer chez les enfants est de dix pour cent mille par an, c'est-à-dire
sur ces 440.000 enfants, 440 devraient mourir au cours des dix années
suivent. Pourtant, comme l'irradiation fœtale double le taux normal
mortalité, le nombre total des décès résultant des examens radiologiq
de pelvimétrie pratiqués au cours d'une seule année serait de 440 ×
soit 880 en dix ans, c'est-à-dire 440 décès supplémentaires, soit 44 par
Etant donné que chaque année, un nouveau groupe d'enfants est sou
à l'irradiation, il se produirait une « accumulation » de décès infant
dus au cancer à la suite des examens radiologiques de pelvimétrie. De
examens de pelvimétrie sont une pratique relativement courante dep
de nombreuses années et continuent de l'être pour autant que l'on sa
Pour un état d'équilibre, le nombre moyen de décès supplémentaires d
une population de 4.400.000 enfants âgés de 0 à 10 ans et ayant été soumi
une irradiation fœtale, serait de 10 × 44, soit 440 par an. Une correct
approximative tenant compte du fait que le taux normal de morta
comprend les enfants ayant reçu une irradiation « in utero » réduit ce
nier chiffre à 400 par an. Le caractère approximatif d'une telle estima
ne permet pas d'apporter d'autres corrections.

** Un certain nombre d'examens radiologiques de pelvimétrie s
absolument nécessaires car le faible risque encouru par le fœtus du
des radiations serait beaucoup moins important que le danger qui m
cerait la vie de la mère et de l'enfant si un tel examen n'était pas
tiqué. Pourtant, selon les estimations les plus sûres que m'ont four
des accoucheurs, la fréquence des examens radiologiques de pelvimé
aux Etats-Unis est environ de 5 à 10 fois plus forte qu'il ne serait nécessa

rand nombre d'individus et d'hôpitaux dans une vaste région, omme cela a été indiqué par Laughlin et Pullman (7).

Nous pouvons étendre les estimations numériques concernant les as mortels de cancer produits par les retombées et les sources natuelles à tous les enfants du monde en utilisant un facteur égal seulement à 10 si nous tenons compte des niveaux plus faibles de retombées dans l'hémisphère sud. Il en résulte que les retombées adioactives pourraient causer, si l'on prend le taux des Etats-Unis omme mesure approximative, au moins 300 décès supplémentaires ar an chez les enfants âgés de 0 à 10 ans, tandis que la radioactivité es sources naturelles serait responsable de 1.500 décès par an.

Le nombre des cas mortels de cancer produits par les retombées t les sources naturelles pourrait être plus élevé dans certaines réions. Par exemple, dans les zones situées près des lieux d'expéimentation atomique, la dose des radiations provenant des retombées ocales ou peu éloignées peut atteindre des niveaux relativement levés (*21*). Bauer (*22*) a estimé que jusqu'à l'été de 1957 inclus, 0.000 personnes environ du sud de l'Utah ont été exposées aux etombées provenant de l'aire d'expérimentation du Nevada. La dose omatique de rayonnement gamma reçue par chacune d'entre elles 'élève à environ 3 - 4 r. Il évalue en outre la dose somatique noyenne reçue par le million de personnes vivant le plus près de 'aire d'essais atomiques au cours des six premières années d'expéimentation à 0,1 - 0,2 r. Dans une population hétérogène, 2 pour ent environ des femmes sont enceintes quelle que soit l'époque. Pourtant, il est pratiquement impossible d'établir une relation diecte entre les niveaux actuels des radiations provenant des reombées et un accroissement des cas mortels de cancer chez les nfants dans une telle population, car dans le groupe d'âge allant le 0 à 10 ans, le taux de mortalité due au cancer est normalement l'environ 1 pour 10.000 par an.

Plusieurs autres conclusions importantes peuvent être tirées des onstatations de Stewart :

Ces dernières traitent d'une population plus sensible — probablement la plus sensible — qui doit retenir toute l'attention lorsque l'on eut évaluer les effets des radiations sur des populations entières en artant d'un examen des effets carcinogéniques sur le fœtus. R. E. app et l'auteur du présent article ont déjà fait remarquer que pour ixer des niveaux admissibles concernant des populations globales, il allait se baser sur la radiosensibilité du groupe d'âge, du groupe

de santé ou du groupe génétique le plus vulnérable dans la mesu où il constitue une fraction appréciable de la population totale (23

Il faut également considérer l'évaluation des effets d'une exp sition momentanément intense provenant d'accidents tel celui su venu à la pile de Windscale qui a eu pour résultat la lib ration d'I 131. En plus d'établir la moyenne des expositio momentanément intenses sur toute la durée de la vie et pour tou une population, il serait souhaitable d'évaluer séparément les effe potentiels en partant du nombre total des enfants qui ont reçu u certaine dose momentanée « in utero ».

En médecine, l'effet de l'administration à des femmes enceint d'isotopes radioactifs à des fins de diagnostic devrait être éval à nouveau en termes de doses fœtales, sans perdre de vue qu'u dose aussi faible que 20 mr est susceptible d'accroître de 1 po cent la probabilité d'apparition de cancers mortels chez les enfan

Le plan des expériences destinées à vérifier les effets de tr petites doses et de faible intensité d'irradiation pourrait très bi se concentrer sur un programme comportant l'étude des effets d'u radiation momentanée sur l'embryon dans une période correspo dant au dernier trimestre de la gestation chez l'homme. Une te méthode, du moins dans le domaine des recherches, s'appliquer à des populations animales beaucoup plus réduites que dans le c de l'irradiation d'animaux relativement développés.

1. A. Stewart, J. Webb, and D. Hewitt, *Brit. Med. J.*, 1 (195 1495.
2. J.C.S. Paterson, communication privée, datée de 1958 et ci Stewart et autres dans (*1*).
3. M.D. Manning and B. Carroll, *J. Natl. Cancer Inst.*, 19 (195 1087.
4. P. ex., L.F. Lamberton, *Brit. J. Radiol.*, 31 (1958), 229.
5. A. Stewart, J. Webb, D. Giles and D. Hewitt, *Lancet*, 2 (1956), 447.
6. S.B. Osborn and E.E. Smith, *Lancet*, 270 (1956), 949.
7. J.S. Laughlin and I. Pullman, « Gonadal Dose Produced by Medical Use of X-Rays », National Academy of Sciences National Research Council, Washington. D.C., 1957.
8. R. Berman and B.P. Sonnenblick, *Am. J. Obst. and Gyn.*, (1957), 1.
9. *Report of the United Nations Scientific Comittee on the Effe of Atomic Radiation*, Supplement n° 17 (A/3838), New-Y (1958).

. W. Langham and E.C. Anderson, *Bull. Swiss Acad. Med. Sci.*, 14 (1958), 434.
. P.F. Gustafson, L.D. Marinelli, S.S. Brar, *Science,* 127 (1958), 1240.
. G.A. Sacher, communication privée (1959).
. G.A. Sacher, *Radiology,* 67 (1956), 250.
. W.L. Russell, L.B. Russell, and E.M. Kelly, *Science,* 127 (1958), 1240.
. S. Warren, *Connect. State Med. J.,* 22 (1958), 451.
. L.B. Russell and W.L. Russell, *Radiology,* 58 (1952), 369.
. M.R. Sikov, J.E. Lofstrom, and T.R. Noonan, Second U.N. International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, *Paper A. Conf.* 15/P/902 (1958).
. Vital Statistics of the United States, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service (1956).
. M. Burnet, *New England J. Med.,* 259 (1958), 423.
. H.S. Kaplan, *Am. J. Roentgen. Rad. Therap. and Nucl. Med.,* 18 (1958), 696.
. G.M. Dunning, 1re partie, pp. 170-196, in *The Nature of Radioactive Fallout and Its Effects on Man,* United States Govt. Printing Office (1957).
. N. Bauer, *Science,* 128 (1958), 40; Paper presented November 9, 1957 to the Utah Academy of Sciences, Arts and Letters, Logan, Utah.
. J. Schubert and R.E. Lapp, *Bull. Atom. Sci.,* 14 (1958), 23.

Cette étude a paru dans le Bulletin of Atomic Scientists, *XV, n° 6, juin 1959.*

Jean ORCEL

QUELQUES REMARQUES LIEES AUX DONNEES DE LA GEOCHIMIE

Les éléments dégagés par les explosions nucléaires sont susc
tibles, en modifiant les cycles géochimiques primaires, d'entraî
des bouleversements importants.

Les explosions thermonucléaires sont-elles capables de décl
cher des effets à l'échelle de la surface terrestre dans sa totalit

On peut répondre par l'affirmative et M. Ch. Noël-Martin a d
fourni des données très significatives sur les conséquences d'or
chimique, climatique et radioactif de ces explosions. Et ses conc
sions concordent avec les réflexions que suggèrent les acquisiti
de la géochimie.

Deux notions générales importantes ont été mises en évide
au cours du XXe siècle, notamment par W. J. Vernadsky : les
tions d'enveloppes « thermodynamiques » de l'écorce terrestre et
cycles géochimiques. Ces enveloppes sont : l'atmosphère, l'hyd
sphère, la biosphère (domaine de la matière vivante), la lithosphè
la magmosphère.

Toute l'histoire des éléments chimiques dans notre planète p
être représentée comme un mouvement incessant et irrégulier
ces éléments d'une enveloppe à l'autre.

On peut considérer ces enveloppes comme des champs d'éq
libre hétérogènes (physiques ou chimiques) existant dans le doma
de l'écorce terrestre. Ces enveloppes doivent être envisagées
point de vue thermodynamique avec les variables indépendan
suivantes : les éléments chimiques, les états de la matière et
modes de gisements des éléments chimiques. On néglige les p
nomènes dus aux champs électro-magnétiques terrestres, dont l'

rtance est probablement grande, mais nous échappe actuellement. ns entrer dans les détails sur la forme, la constitution et la struc- e de ces enveloppes, on peut dire que leurs propriétés les plus portantes sont les suivantes :

1° Les éléments chimiques sont en équilibre stable et différent is chaque enveloppe terrestre.

2° Ils migrent, durant les temps géologiques, d'une enveloppe l'autre.

3° Leur équilibre change quand les éléments chimiques passent ne enveloppe à une autre.

Ce changement se produit lentement ou brusquement, mais il t toujours le même à condition de considérer le processus et toutes s modalités pendant un temps suffisamment long.

D'où l'idée d'*évolution cyclique* qui est caractérisée pour la part des éléments chimiques par des *cycles fermés*.

Seul un pourcentage peu important en poids (quelques dixièmes ur cent) mais très important par ses effets (puisqu'il s'agit notam- nt des éléments radioactifs) n'est pas assujetti à ces processus versibles.

De plus il faut distinguer parmi ces cycles : les *cycles primaires* i embrassent plusieurs enveloppes thermodynamiques, et les *cles secondaires* qui se développent dans les limites d'une seule veloppe.

Il est clair que les premiers correspondent à des processus d'une is grande ampleur que les cycles secondaires rassemblés dans le dre d'une seule enveloppe.

Cette notion des cycles géochimiques est extrêmement impor- nte d'un point de vue général. Car elle nous permet de saisir, à échelle planétaire, l'interdépendance des processus de natures va- ées (physiques, chimiques, biologiques) qui s'enchevêtrent et se nditionnent mutuellement au travers des diverses enveloppes de écorce terrestre et aboutissent à des équilibres momentanés sans sse remis en cause au cours des périodes géologiques.

C'est pourquoi la géochimie est appelée à jouer un rôle essentiel l'heure actuelle car elle nous permet de comprendre que ce do- aine des plus hautes énergies, maintenant accessible à l'homme, t à l'échelle du bouleversement possible des cycles géochimiques imaires qui intéressent l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère.

Il en est ainsi notamment du cycle du carbone.

La multiplication d'explosions thermonucléaires est capable de

déclencher des réactions irréversibles dont on doit craindre les pi conséquences pour l'homme. En effet la quantité considérable neutrons émise en un même lieu provoque, par réaction nucléa sur l'azote de l'atmosphère des quantités importantes de C14 rad actif dont la période est de l'ordre de 6.000 ans. Tout le cycle du c bone dans la biosphère serait perturbé puisque la teneur en C des plantes augmenterait dans des proportions non négligeables, lativement à leur influence sur l'évolution de la matière vivante général, comme l'a fait justement remarquer Charles Noël-Mart Car [1] la proportion de C14 existant en moyenne à l'état naturel da la matière vivante (sous l'influence des rayons cosmiques) est l'ordre de $0,95 \times 10^{-10}$ % [2].

Etant donné cette très faible teneur qui correspond à un équili des organismes avec leur milieu, on est parfaitement en droit craindre qu'une augmentation très faible de cette teneur puisse plus ou moins longue échéance, provoquer de graves perturbati dans leur développement.

Et ceci n'est qu'un exemple des désastres dont j'ai voulu v rappeler la menace en les liant aux réflexions du biochimiste, si malheur on ne parvenait pas à orienter exclusivement vers des b pacifiques l'usage de l'énergie nucléaire avec toutes les mesu de sécurité qu'il comporte.

Communication à la Conférence scientifique les dangers atomiques des 1er et 2 juillet 1955, A Rech. Méd., *avril 1956, pp. 460-461.*

1. Anderson E.C., Libby W.F., Weidenhouse S., Reid A.F., Kirsch baum A.D. et Grosse A.V. : « Natural radiocarbon from cosmic radiatio *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 931.

2. De sorte que la teneur de 1 % indiquée pour l'homme par Sir J Cockroft dans une publication récente (*Nature*, 21 mai 1955, p. 874) paraît pas compréhensible. C'est le carbone C13 qui est présent à l' naturel dans la matière vivante dans une proportion un peu supéri à 1 %.

hn T. GENTRY, Elisabeth PARKHURST et George V. BULIN Jr.

MALFORMATIONS CONGENITALES DANS L'ETAT DE NEW-YORK

Quels sont les effets à long terme du rayonnement environnant sur l'homme moyen? Cette étude pose le problème sur la base d'une étude épidémiologique dans l'Etat de New-York. Les chercheurs ont entrepris de voir s'il y avait une corrélation entre l'accroissement du taux des malformations et le fait de résider en des lieux où se trouvent des matériaux à relativement haute dose de radioactivité.

Le taux des malformations congénitales, établi d'après les actes e naissance et de décès, est plus élevé dans certains secteurs de Etat de New-York que dans d'autres. Des données géologiques ılables montrent une corrélation entre les taux élevés de malfor- ations et les emplacements géographiques contenant des matériaux aturels à relativement haute concentration d'éléments radioactifs.

L'idée initiale de cette corrélation vint à John T. Gentry le ur où, en 1954, son attention fut attirée par « un nombre inha- ituel de becs de lièvre » parmi les habitants d'un comté du Nord e New-York. Des renseignements obtenus du Bureau des Statisti- ues du Département de la Santé de l'Etat de New-York faisaient at de malformations congénitales dans des localités situées à l'in- érieur d'une partie de ce comté. Des données de la Commission de Energie Atomique relatives à la découverte de pierres radioactives ans la vallée de l'Hudson et les monts d'Adirondack ont révélé ue les communes où le taux des malformations était grand sont si- uées dans une zone de roches ignées affleurantes présentant une adioactivité relativement élevée d'une moyenne de 0,003 à 0,004 % 'équivalent d'uranium.

Une étude des taux de malformations congénitales dans tou les communes de l'Etat de New-York (New-York-ville exceptée indiqué que les zones à taux élevés étaient situées de préfére dans les monts d'Adirondack, les Highlands de l'Hudson et le p teau de l'Allegheny au sud de l'Etat de New-York. Ces zones c tiennent aussi des roches ignées ou du schiste noir à teneur rad active relativement haute ou des dépôts glaciaires de ces matéri apportés par les avancées et les retraits des couches de glace.

En conséquence, une étude épidémiologique fut entreprise d l'Etat de New-York, dont les objectifs étaient les suivants :

1. Déterminer l'incidence des malformations congénitales les naissances et les décès par comtés, villes, communes et villag

2. Déterminer le type, la quantité, la répartition des matéri naturels qui ont des concentrations relativement élevées d'éléme radioactifs.

3. Déterminer la corrélation, s'il y a lieu, entre l'incidence malformations congénitales et la répartition de tels matériaux.

4. Evaluer le rôle que peuvent avoir eu les tératogènes conn y compris le rayonnement, sur les malformations congénitales où le taux des malformations est relativement haut ou bas.

Fréquence des malformations congénitales

Nombre et type des malformations d'après les actes de naissa et de décès.

Le recours aux actes de naissance a eu pour seul objet la c pilation des données sur les malformations congénitales. Les sta tiques du Programme de Rééducation Médicale (enfants physiq ment handicapés) de New-York n'ont pas été utilisées en rai du haut degré de sélection des cas qu'elles comptabilisent. Les tistiques d'enfants mort-nés ont été également écartées parce les causes rapportées n'offrent pas de suffisantes garanties de titude.

Les actes de naissance dans l'Etat de New-York comportent verso un rapport médical confidentiel. Par exemple, il est dema au médecin de répondre à un certain nombre de questions comm « Malformation congénitale de l'enfant — Non..., Oui... Dans l firmative décrivez... ». Cette question a obtenu une réponse né

ve ou comportant une anomalie spécifique sur 90 % des tes. L'Office des Statistiques classe ensuite les anomalies enre-strées par types de malformations congénitales, selon la « Classi-cation statistique internationale des maladies, blessures et causes mort ». Les accouchements sans assistance de médecin sont, dans Etat de New-York, sans utilisation pratique possible.

Pendant les années 1948-1955, tous les actes de décès des en-nts au-dessous de 5 ans, nés dans l'Etat de New-York, étaient galement disponibles et joints à leurs actes de naissance. Les mal-rmations indiquées seulement sur les actes de décès ont été outées à celles inscrites sur les actes de naissance.

Le tableau 1 donne, par an, de 1948 à 1955, le nombre de aissances viables parmi les habitants de l'Etat de New-York; le ombre de ces naissances avec malformations portées sur les actes e naissance; et le nombre d'enfants avec malformations non enre-strées à la naissance mais inscrites sur les actes de décès.

ableau 1. — *Malformations congénitales dans l'Etat de New-York (sauf New-York-ville) de 1948 à 1955.*

Année	Naissances viables	Avec malformations figurant sur :				Malformations	
		les actes de naissance	les actes de décès seulement		les actes de naissance ou de décès (total)	pr. 1.000 naissances viables sur les actes de	
			Avant un an	Entre 1 et 4 ans		nais-sance	nais. ou décès
1948	141.098	1.481	401	74	1.956	10,5	13,9
1949	142.044	1.537	331	49	1.917	10,8	13,5
1950	143.163	1.475	325	40	1.840	10,3	12,9
1951	151.773	1.678	374	51	2.103	11,1	13,9
1952	159.760	1.760	349	42	2.151	11,0	13,5
1953	161.154	1.751	355	36	2.152	10,9	13,3
1954	168.822	1.796	330	15	2.141	10,6	12,7
1955	174.930	1.770	349	-	2.119	10,1	12,1
1948-1955	1.242.744	13.248	2.814	307	16.369	10,7	13,2

Pendant toute cette période, il y a eu 13.248 naissances av malformations inscrites sur les actes de naissance et 3.121 sur actes de décès uniquement, soit un total de 16.369 individus, présentant une moyenne annuelle de 13,2 malformations congé tales pour 1.000 naissances effectives.

Le tableau 2 donne le nombre total de cas pendant la pério 1948-1955 par catégories de malformations. Quand deux malforn tions ou plus apparaissaient sur l'acte de naissance, le cas a été cla dans la catégorie de la malformation la plus grave. Quand un enf

Tableau 2. — *Les divers types de malformations (Etat de New-York, sauf New-York-ville, de 1948 à 1955).*

Types de malformations	Total	Malformations figurant sur les actes de naissance			Malformations sur les actes de décès seulement
		Réputés vivants	Décédés de :		
			Malformations	Autres causes	
Toutes malformations	16.369	9.465	2.725	1.058	3.121
Système nerveux central	2.595	578	1.459	142	416
Monstruosité	476	31	356	33	56
Spina bifida et méningocèle	1.223	379	703	61	80
Hydrocéphalie	631	66	343	26	196
Autres	265	102	57	22	84
Système circulatoire	2.715	194	617	80	1.824
Bec de lièvre, palais fendu	1.414	1.267	41	102	4
Système digestif	1.072	195	237	53	587
Système génito-urinaire	1.270	1.037	102	41	90
Squelette	2.276	2.131	5	136	4
Os et articulations	1.461	1.276	41	123	21
Mongolisme	392	257	19	78	38
Autres malformations non spécifiées	3.174	2.530	204	303	137

ec une malformation portée sur son certificat de naissance est mort une autre malformation, il a été classé dans la catégorie de la alformation ayant causé la mort.

aux des malformations pour les bourgs, villages et villes.

Les naissances enregistrées dans l'Etat de New-York sont rapportées au lieu de résidence habituelle de la mère. Les naissances les malformations de 1948 à 1955 ont été classées, selon le même critère, par villages et bourgs de plus de 2.500 habitants et par agglomérations (New-York-ville étant exceptée). Les communes subbaines de plus de 2.500 habitants ont été cependant classées à art. Les taux de malformations pour 1.000 naissances on été alors alculés pour chacune de ces localités.

En moyenne le nombre de malformations est très peu différent our les régions urbaines et rurales. Les taux sont 12,9 pour mille ouveau-nés viables pour les villes de plus de 10.000 habitants; 3,4 pour les communes de 2.500 à 10.000 et 13,5 pour les régions urales. En tout 189 communes sur 942 ont des taux de 20,0 ou lus. Ces communes sont dispersées à travers l'Etat; 7 comtés n'ont ucune commune ayant un taux aussi élevé et 12 comtés n'en ont u'une chacun. Dans beaucoup de comtés les taux élevés se rencontrent dans des communes voisines. Par exemple dans le comté e Saint-Lawrence, 7 des 8 régions qui ont un taux élevé sont attenantes et sont adjacentes à une commune à pourcentage élevé du omté de Lewis. On trouve également de telles agglomérations dans 'Essex (Adirondack) et dans les comtés de Franklin, Warren, Saratoga; dans les Catskills et dans les comtés du plateau Allegheny. Tous les comtés qui n'ont pas de commune à taux élevé sont situés lans la plaine Erie-Niagara-Mohawk, dans la vallée de l'Hudson et sur Long Island.

TYPE, PROPORTION ET DISTRIBUTION DES SUBSTANCES NATURELLES CONTENANT DES CONCENTRATIONS RELATIVEMENT ÉLEVÉES D'ÉLÉMENTS RADIOACTIFS

Toutes les roches contiennent au moins de faibles quantités d'éléments radioactifs. Les plus importants des radioéléments naturels sont C14, K40, Ra226, Th232, U238 ainsi que les dérivés par filiation des trois derniers éléments.

Les roches contenant ces éléments peuvent exister en couc
ou sous une forme moins massive comme produits de l'érosion.
grandes quantités de ces petits fragments de roches sont assoc
à de vastes dépôts morainiques des nappes glaciaires. Les ra
éléments provenant des roches ou de leurs produits d'érosion p
vent se dissoudre dans l'eau du sol, être utilisés pour la vie
plantes ou être disséminés dans l'atmosphère sous forme de gaz
d'aérosols. Les quantités de ces substances dans le milieu sont
néralement plus grandes quand elles sont associées avec des roc
qui possèdent une concentration relativement élevée d'éléme
radioactifs.

Couches rocheuses.

On trouve dans l'Etat de New-York la plupart des types c
muns de roches : roches métamorphiques et volcaniques, argiles
dimentaires, roches calcaires et grès. La distribution générale
ces couches à l'intérieur de l'Etat de New-York a été largem
étudiée par les géologues. Généralement les roches ignées p
siliceuses, telles que granit et syénite, ont une concentration p
forte en éléments radioactifs que les types ignés moins silic
tels que basalte et roches sédimentaires. Parmi les roches sédim
taires, les roches calcaires et les grès sont relativement pauvres
radioactivité, tandis que les argiles en sont un peu plus riches.
argiles noires organiques en ont été trouvées particulièrement ric
Les pourcentages d'éléments radioactifs dans le granit et dans
roches sédimentaires sont au moins dans le rapport de 5 à 1, com

Tableau 3. — *Teneur des roches en éléments radioactifs (radium, thorium, radiopotassium) dans l'Etat de New-Yor*

	Ra 266 / (10^{-12} g/g)	Th 232 / (10^{-6} g/g)	K 40 / (10^{-6} g/g)
Roche granitique	1,6-4,7	8 - 33	3-5
Roche sédimentaire	0,3-1,0	1-5	0,1-0,1

montre le tableau 3. La Commission de l'Energie atomique a ublié quatre rapports sur la répartition des roches radioactives dans Etat de New-York. Vickers a aussi étudié la radioactivité des dif-érentes roches sédimentaires dans le centre de New-York. D'autres tudes non publiées sur les argiles noires organiques ont été faites ar le Centre géologique de l'Etat de New-York.

Les régions de plus grande concentration des substances conte-ant une quantité anormalement forte de radioactivité ont été trou-ées par Narten et McKeown dans le nord-ouest et le sud-est des Adirondacks où sont en contact les gneiss de la série de Grenville t le complexe granosyénite. McKeown a trouvé que les gneiss des Highlands de l'Hudson ont un pourcentage moyen de 0,003 à ,004 % d'uranium équivalent, pourcentage qui est plus grand que es 0,002 % considérés comme normaux.

Matériaux glaciaires.

Sauf pour une petite région au sud de la province de Cattarau-gus, tout l'Etat de New-York a subi la glaciation. La glace s'est dé-placée généralement des centres d'accumulation du sud vers le nord. Le dépôt glaciaire ou blocs argileux a été abandonné par la glace fondante sous forme de dépôts hétéroclites sur la plus grande partie du territoire de l'Etat. Le retrait de la glace vers le nord a été marqué par plusieurs périodes d'équilibre, pendant lesquelles e front de glace restait stationnaire assez longtemps pour déposer de grandes quantités de roches et débris appelés moraines frontales.

L'eau de la fonte des glaces, drainée vers le sud à travers des vallées élargies et approfondies par le glacier, y déposait d'impor-tants sédiments glaciaires. Ces vallées se trouvent dans la partie sud de l'Etat, sur le plateau d'Allegheny.

Quand le front du glacier recula au nord de la ligne de partage des eaux, la masse du glacier arrêta l'écoulement et l'eau de la fonte des glaces forma une retenue d'eau entre le front du glacier et la partie haute des terres. Des débris ont été brassés dans les lacs de glace fondue ainsi formés, et les matériaux rocheux ont été décantés, ce qui a produit des dépôts de boue et de sable fin.

Si la composition des différents types de dépôts glaciaires est extrêmement variable, elle est cependant directement fonction de la couche de roches de surface qui ont fourni habituellement le matériau principal du dépôt. La résistance relative de la roche dé-termine son maintien ou non dans la moraine. Les roches ignées

étant les plus dures sont souvent retrouvées à des centaines miles de l'affleurement.

Le niveau de la radioactivité des matériaux glaciaires est direc ment fonction du type et du niveau de la couche-mère et de la co position de la charge. McKeown a trouvé des matériaux glaciai anormalement radioactifs jusqu'à 10 miles de la roche de dépar les vases et sables fins des dépôts amenés par l'eau ont une ten radioactive plus basse que les moraines au même endroit.

Relations entre les malformations et la distribution des matériaux a forte concentration d'éléments radioactifs

Classification des communes au point de vue géologique.

Avant que l'on ne dispose de données sur les malformations p toutes les régions, la classification de toutes les communes et vi de l'Etat de New-York a donné la probabilité ou l'improbabilité la présence d'importants matériaux à concentration relativement é vée d'éléments radioactifs. La classification des « probables » s faite selon qu'une commune ou une ville entrait dans une des ca gories suivantes :

1. Régions de roches ignées.
2. Vallées fluviales du plateau d'Allegheny.
3. Régions de moraines frontales avec affleurements de schis noirs ou de roches ignées situées à moins de 25 miles au nord centre de la localité ou de la ville.

Les communes et villes n'entrant pas dans ces trois catégo ont été classées comme « non probables ».

La catégorie des roches de fond ignées a été choisie parce cette roche contient la plus haute concentration d'éléments ra actifs décelée dans les matériaux naturels de l'Etat de New-Yo les vallées fluviales du plateau d'Allegheny à cause de l'éten des dépôts glaciaires avec schistes noirs et roches ignées dans régions. Les régions de moraines, bien qu'elles aient de plus tits dépôts sur leurs pentes, ont aussi été retenues quand un aff rement de roches ignées ou de schistes noirs s'y rencontre à m de 25 miles dans la direction du mouvement glaciaire. Cette tance a été calculée en supposant que la grande majorité des m

aux radioactifs glaciaires proviennent des roches de fond à l'in-rieur de ce périmètre. Les régions avec dépôts glaciaires amenés r l'eau ont été exclues à cause de leur niveau de radioactivité lativement bas.

Les classifications ont été basées exclusivement sur les cartes dérales des roches de fond et des matériaux glaciaires.

Les communes n'ont été classées comme « probables » que si plus la moitié de leur superficie ou la plus grande partie de l'agglo-ération a pu être rattachée à l'une des catégories désignées.

aux de malformation pour les communes classées géologiquement.

Le taux de malformation parmi les enfants de résidents de toutes s régions urbaines et rurales, classées suivant la présence pro-able ou non de grandes quantités de matériaux naturels avec con-ntrations relativement élevées en éléments radioactifs est donné ar le tableau 4.

Le taux est de 15,1 pour 1.000 naissances pour toutes les ré-ions « probables » et de 12,8 pour les « non probables ».

Si la géologie est un facteur qui agit sur le taux de malformation, n doit s'attendre à ce que cette relation soit moins marquée dans s régions urbaines que dans les régions rurales où l'exposition ux matériaux naturels est plus grande.

Le tableau 4 montre que c'est le cas pour les taux des régions urales « probables » et « non probables », ceux-ci étant de 15,8 t 12, 9, alors que les taux urbains correspondants sont de 14,1 et 2,8.

Dans les régions rurales, la présence de roches de fond ignées 'accompagne d'un taux de 17,5. Les vallées fluviales sur le pla-eau d'Allegheny et les talus glaciaires (moraines frontales) ont un aux de 15,4. Pour les vallées fluviales, le taux est de 15,5 et our les régions avec des talus glaciaires de 15,0.

Le tableau 5 donne les taux de malformation par type de mal-ormation dans les régions rurales « probables » et « non probables ». Pour chaque type de malformation, excepté le mongolisme, le taux st plus élevé dans les régions « probables ».

Il est difficile de dégager de ces différences une signification tatistique, puisque leurs écarts moyens sont certainement plus grands ue ceux que l'on obtient en supposant une distribution binomiale. l est possible cependant de vérifier la valadité de ce modèle sur 'étendue du territoire de l'Etat.

Tableau 4

Malformations par régions classées selon la probabilité de la présence d'une radioactivité élevée. (Etat de New-York, sauf New-York-ville, de 1948 à 1955).

Présence de grandes quantités de matériaux radioactifs	Total			Régions urbaines (1)			Régions rurales		
		Malformations			Malformations			Malformations	
	Naissances	Nombre	Taux °/oo	Naissances	Nombre	Taux °/oo	Naissances	Nombre	Taux °/oo
Total	1.242.744	16.369	13,2	690.506	8.925	12,9	552.238	7.444	13,5
"Probable"	191.003	2.893	15,1	76.670	1.084	14,1	114.333	1.809	15,8
Régions de roches de fond ignées, sauf celles recouvertes de dépôts d'alluvions glaciaires	27.521	462	16,8	4.498	56	13,0	23.223	406	17,5
Vallées fluviales du plateau d'Allegheny et régions de moraines	163.482	2.431	14,9	72.372	1.028	14,2	9.110	1.403	15,4
"Improbable"	1.051.741	13.476	12,8	613.836	7.846	12,8	437.905	5.635	12,9

(1) Localités de plus de 2.500 habitants au recensement de 1950

Lire, à la colonne 7, ligne 4, 91.110 et non 9.110.

Tableau 5. — *Nombre de malformations des divers types dans les régions de différents taux de radioactivité. (Régions rurales de l'Etat de New-York, 1948-1955)*

Classification des malformations	Régions "probables"		Régions "improbables"	
	Malformations	Taux °/oo	Malformations	Taux °/oo
Toutes malformations	1.809	15,8	5.635	12,9
Système nerveux central	254	2,2	857	2,0
Système circulatoire	299	2,6	939	2,1
Bec de lièvre, palais fendu	181	1,6	529	1,2
Système digestif	122	1,1	384	0,9
Système génito-urinaire	150	1,3	440	1,0
Squelette (pied bot)	264	2,3	779	1,8
Os et articulations	148	1,3	466	1,1
Autres malformations non spécifiées	356	3,1	1.104	2,5
Mongolisme	35	0,3	137	0,3

En groupant les comtés de l'Etat en six régions géographiques standard, comme dans le tableau 6, nous trouvons que dans chaque région le taux de malformation pour les villes « probables » est plus grand que pour les « non probables », bien que la différence soit très petite pour les monts de Catskill-Pocono.

Sur les 57 comtés, 38 contiennent des communes classées comme « probables ». Dans ces comtés, la différence moyenne entre les taux des régions « probables » et « non probables » est de 2,9 avec une erreur moyenne de 0,95. La probabilité que cette différence se produise par hasard est inférieure à 3 pour 1.000. Dans 3 comtés, toutes les communes ont été classées comme « probables », avec un taux moyen de 14,3. Dans 16 comtés, toutes les communes ont été classées comme « non probables »; leur taux moyen est de 11,3.

Tableau 6. — *Taux de malformations dans différentes régio rurales de l'Etat de New-York selon la radioactivité (1948-195*

Région	Zones "probables"		Zones "improbables	
	Naissances	Taux+	Naissances	Taux+
Total de la région rurale	114.333	15,8	437.905	12,9
Adirondack Highlands	18.613	17,8	37.018	12,1
Catskill-Pocono Highlands	10.895	14,2	11.430	14,0
Northern Allegheny plateau	42.981	16,1	271.682	14,6
Northwestern Allegheny plateau Border	16.989	15,3	11.070	13,7
Erié-Ontario-Mokawk plain	19.136	14,8	165.103	12,1
Hudson Valley and Long Island	5.719	15,4	185.652	13,2

(+) Taux de malformations pour 1.000 naissances

Lire: à la colonne 3, a) ligne 4: 27.682 et non 271.682; b) ligne 5: 11.020 et non'11.0

Comparaison des relations entre la production de malformations la géologie avec l'état socio-économique.

Si le rapport entre les taux de malformation et la géologie n'e pas un phénomène accidentel, la question se pose de savoir que facteurs peuvent être associés à la fois à un plus grand taux malformation et au facteur géologique. Un facteur de ce genre e l'état socio-économique de la population.

Pour savoir si les différences dans les taux de malformati entre régions « probables » et « non probables » peuvent être att buées à la profession du père, telle qu'elle ressort des actes de na sance, des cartes perforées correspondant aux naissances 1952 da les familles des régions rurales de 20 comtés non urbains ont é sélectionnées. Ces cartes ont été codées pour la profession du pè d'après la classification décimale du Bureau de recensement. To les comtés des monts Adirondack et du nord du plateau d'Alleghe ont été pris en considération, excepté le comté urbain d'Alban

Les cartes ont été divisées en habitants des régions « probables » et « non probables » et chaque groupe réparti suivant les cinq catégories de professions indiquées sur le tableau 7.

Tableau 7. — *Taux des malformations selon la profession du père. (Régions rurales de l'Etat de New-York, 1948-1955).*

Code N°	Profession du père	Taux de décès par malformations	Région rurale de 20 comtés non-urbains, 1952					
			Zones "probables"			Zones "improbables"		
			Nais.	Malformat. Nbre	Malformat. Taux	Nais.	Malformat. Nbre	Malformat. Taux
	Total	2,86	7.689	126	16,4	6.671	89	13,3
0,2	Professeurs Directeurs Fonctionnaires	2,60	1.275	24	18,8	791	12	15,2
3,4,5	Employés ouvriers qualif.	2,75	2.090	30	14,4	1.747	21	12,0
6	Ouvriers semi-qualifiés	2,76	1.659	26	15,7	1.290	16	12,4
7,9	Employés des Serv. publics manoeuvres et non spéc.	3,59	1.553	22	14,2	1.396	22	15,8
1,8	Fermiers et ouvr. agric.	3,15	1.112	24	21,6	1.447	18	12,4

Pour l'ensemble des naissances dans les régions « probables » et « non probables », les taux de malformation ont été respectivement de 16,4 et de 13,3. Pour chaque groupe professionnel, le taux a été plus élevé dans les régions « probables » que dans les régions « non probables », excepté pour le groupe « employés des services publics, manœuvres et occupation non spécifiée ». La plus grande différence a été enregistrée pour les fermiers et les travailleurs agricoles : 21,6 contre 12,4.

Comparaison des relations entre la production de malformations et géologie avec le mode d'approvisionnement public en eau.

Dans les régions de présence probable de grandes quantités matériaux radioactifs, on peut s'attendre à des niveaux relativeme plus élevés de radioactivité dans les eaux de provenance profon (puits, sources) que dans les eaux de surface (lacs et rivières).

Il y a 555 agglomérations de moins de 10.000 habitants da l'Etat de New-York; 499 sont desservies par l'eau des services p blics. Pour 255 réseaux, l'eau est d'origine profonde, pour 72 e vient de lacs et de rivières, pour 83 de ruisseaux et de cours d'e et pour 89 d'origines diverses.

Tableau 8. — *Taux des malformations selon l'origine de l'e potable. (Régions rurales de l'Etat de New-York, 1948-1955).*

Sources d'eau des concessions	Zones "probables"			Zones "improbables"		
	Nais-sances	Malformations		Nais-sances	Malformations	
		Nombre	Taux °/oo		Nombre	Taux °/oo
Total	50.333	732	14,5	150.742	1.936	12,8
Puits et sources	15.307	259	16,9	60.894	783	12,9
Grandes surfaces (lacs et rivières)	11.195	139	12,4	31.275	371	11,9
Petites surfaces (ruisseaux et cours d'eau)	11.213	149	13,3	24.008	304	12,7
Divers	12.618	185	14,7	35.565	478	13,8

Le tableau 8 donne les naissances, les malformations et l taux de malformation pour diverses agglomérations classées par ty de fourniture d'eau et selon leur emplacement dans des zones po lesquelles la présence de substances radioactives est probable non. Le taux est le plus élevé (16,9) dans les zones « probables là où l'eau provient des puits et des sources, et le plus faible (12, dans celles où l'on utilise beaucoup les eaux de surface. Dans l zones « non probables », les taux de malformation varient très p selon le type de source.

Evaluation du role d'agents étiologiques possibles de malformations congénitales dans les zones a taux de malformations élevés

Des recherches épidémiologiques ont été entreprises pour obtenir des renseignements sur la fréquence de certains facteurs étiologiques connus pour des communes à haut et à bas taux de malformation. Des enquêtes ont été menées auprès des familles et une étude géologique plus détaillée a été entreprise dans ces zones. Le nombre des cas de rubéole pendant les années 1949-55 dans des communes choisies a été comparé à la distribution des cas de malformation pendant la même période.

Des données ont été recueillies auprès des familles par des membres de l'organisation de la santé publique sur le domicile et les professions de leurs membres jusqu'aux grands-parents des enfants désignés sur les actes. L'historique du domicile décrivait l'emplacement urbain ou rural, la source d'eau potable, l'utilisation de pierre locale pour la construction de la maison, la présence de poussière, l'utilisation d'un jardin pour les besoins familiaux. Un historique de toutes les grossesses, ainsi que du nombre, des dates de naissance, du poids et de l'état de santé des autres enfants de la famille a été obtenu. Des informations relevant du niveau économique et social, de la consanguinité, du pays d'origine, de la religion, ont été recueillies ainsi que l'historique familiale des malformations. Les données sur l'alimentation des familles n'ont pas été collectées en raison de la difficulté d'obtenir des informations valables et du doute qui existe sur les relations entre la mauvaise alimentation et les malformations congénitales.

Ces recherches n'ont révélé la présence d'aucun autre facteur étiologique connu qui soit responsable des différences de taux de malformation. Il n'y a aucune relation entre la rubéole et les malformations.

Grâce à l'amabilité de Léonard Solon, actuel directeur de la branche des radiations à l'Office de New-York de la Commission de l'Energie atomique, et de ses collaborateurs, 38 mesures ont été faites dans les environs de New-York avec une chambre d'ionisation de 20 litres reliée à un électromètre à lame vibrante.

On a trouvé que les niveaux de rayonnements pénétrants cor-

respondaient à des valeurs comprises entre 8 et 12 microroentge par heure à l'extérieur des maisons, ce qui représente de 2,1 3,2 r pour 30 ans. Les rayonnements provenant de roches igné étaient généralement responsables de ces niveaux élevés. Des écar importants ont été trouvés pour des lieux situés au voisinage roches à grande concentration de substances radioactives. U exposition dans ces lieux peut conduire à 40 µr par heure. Des v leurs exceptionnelles ont été trouvées également dans les immeubl construits en matériaux à radioactivité élevée.

Dans un de ces immeubles en granit la chambre d'ionisation indiqué 18,5 µr par heure, contre une valeur de 9,5 en dehors l'immeuble.

Avec la coopération du Service de l'Energie atomique de l'U versité de Rochester, le Dr John Hursh a analysé, grâce à un pr cédé décrit ailleurs, 18 échantillons d'eau.

Les mesures préliminaires d'échantillons d'eau provenant zones à haut et faible taux de malformation ont permis de situ les sources radioactives. Un échantillon provenant d'un puits fo contenait 29.10^{-16} g de Ra226 par cm^3 : il indiquait une source r dioactive. Il provenait d'une zone de roches ignées des Adirondack L'échantillon qui venait après pour le niveau de radioactivité pr venait également d'une région volcanique du comté de Putnam da les Highlands de l'Hudson : il avait $5,2.10^{-16}$ g. Le niveau génér varie de 0,0 à $1,7.10^{-16}$ g de radium par cm^3 d'eau des réseaux distribution. Les mesures d'émetteurs de la famille du thorium sont pas complètes. Les résultats préliminaires montrent cepend qu'il n'y a pas de traces substantielles de ces émetteurs dans échantillons collectés.

Les mesures de radon dans les mines des Adirondacks, fait par le département du Travail de l'Etat de New-York et l'Offi de l'A.E.C. de New-York, ont indiqué 10^{-10} à 10^{-11} curies par lit dans la majorité des échantillons, ce qui dépasse le niveau ma mum admissible de 10^{-11} c par litre.

Des échantillons d'os et de tissus humains ont été prélevés, la suite d'autopsies, sur des habitants à demeure dans le but faire des mesures radiologiques.

Discussion

Les données présentes correspondent à une étude épidémio gique expérimentale. Les relations notées sont de nature statistiq

et représentent une première étape dans l'établissement de relations causales. Il faut souligner que ces résultats se rapportent à des zones géographiques contenant des matériaux à concentration relativement élevée de radioéléments. Cela n'équivaut pas à une relation directe avec les niveaux de rayonnement externe ou avec le fond de rayonnement naturel.

Cette étude n'est pas non plus comparable aux études sur les effets des bombardements atomiques au Japon ou à la plus grande partie des recherches sur les effets des rayonnements sur les animaux. Ces derniers travaux se font avec de hautes doses externes administrées pendant de courtes périodes de temps. Au contraire l'influence du rayonnement dû au milieu décrite ici fait appel à des doses faibles pendant de très longues périodes. Pour beaucoup de familles, cet intervalle de temps couvre plusieurs générations. Les sources de rayonnement comprennent, outre les sources externes, les émetteurs internes qui peuvent avoir été ingérés avec la nourriture ou l'eau de boisson, ou inhalés.

Les données sur lesquelles ce rapport est fondé sont relatives à un nombre de naissances assez important pour que les différences indiquées soient significatives. Cependant, sa signification réelle consiste surtout dans la relation existant entre les taux de malformation et la géologie. Une des preuves les plus nettes peut être trouvée dans la comparaison des cartes de couches rocheuses, des matériaux glaciaires et des taux de malformation [1]. Les plus nettes relations de ce genre sont peut-être celles des zones immédiatement au sud et au sud-est de Rochester. Une section est-ouest de 150 miles de la bordure du sous-sol glaciaire de Mankato n'est associée à des taux élevés de malformations que dans un secteur de 40 miles, immédiatement au sud d'un affleurement de schistes noirs de radioactivité relativement élevée.

Une attention spéciale doit être accordée à la valeur générale de 8 à 12 microroentgens par heure du rayonnement externe et au fait que les valeurs plus élevées sont associées à des socles rocheux volcaniques. La différence de 50 pour cent entre le plus bas niveau de rayonnement et le plus haut est à rapprocher de la différence des taux de malformation de 12,9 à 17,5 trouvée dans le tableau 4. Ces taux reflètent les différences trouvées entre les zones

1. Le manque de place nous a empêché de reproduire ici les cinq cartes qui illustrent cet article. Nous nous en excusons auprès des auteurs et des lecteurs. (*N.d.l.R.*)

rurales classées comme ne contenant pas de radioactivité importa
et celles qui en contiennent.

L'absence générale de hauts niveaux de rayonnement dans
vallées des rivières et dans les régions de moraines est compens
par l'irradiation du corps humain provenant de l'eau du sol utili
pour la boisson. On trouve dans le tabelau 8 une confirmation épi
miologique de ce fait, car on voit que les taux élevés de malform
tion dans ces régions sont associés aux consommations d'eau
source ou bien d'eau provenant de réservoirs de grande superfic
Un facteur interne provenant de la boisson peut jouer un rôle p
important qu'un agent externe.

La relation de taux accrus de malformation avec l'habitati
dans des zones contenant des produits radioactifs suggère que
rayonnement est un agent étiologique primaire. Cependant un au
agent est peut-être associé aux substances radioactives. Toutefo
un tel agent, qui serait responsable des différences relevées
pour le moment inconnu. Jusqu'à ce qu'on élucide l'existence
cette autre possibilité, il apparaîtra souhaitable de considérer
rayonnements comme une cause des malformations. Si cette relati
causale est confirmée, on devra s'en servir comme base pour effe
tuer une enquête plus approfondie sur les effets à longue durée
faibles niveaux de rayonnement sur l'homme, et obtenir des re
seignements plus proches de la réalité que les extrapolations fai
à partir de données de laboratoire sur la drosophile et la souris.

De tels renseignements seraient d'un intérêt tout particulier po
évaluer les accidents dus à la contamination par les retombées
les déchets radioactifs. Cependant de nombreuses mesures compl
mentaires seraient nécessaires avant qu'une estimation précise
ces relations soit faite.

Résumé

1. Un tableau a été dressé de toutes les malformations congé
tales recensées pour les enfants nés de 1948 à 1955 dans l'E
de New-York à l'exclusion de la ville de New-York elle-même. L
actes de naissance ou de décès des enfants de moins de cinq a
ont servi de source d'information. Il y a eu 16.369 malformatio
sur 1.242.744 naissances, soit 13,2 pour 1.000. Dans la zone r
rale le taux a été de 13,5. Des taux de 20,0 ou au-dessus ont é
déterminés dans 186 des 942 communes de l'Etat. Ces commun

taux élevés forment des groupes situés principalement dans les montagnes Adirondack, les hauteurs de l'Hudson et le plateau d'Allegheny.

2. Toutes les données géologiques disponibles sur les matériaux à niveau élevé de radioactivité ont été rassemblées.

Ces résultats permettent de classer toutes les localités selon la présence probable ou non de quantités importantes de matériaux naturels à relativement haute teneur radioactive. Le taux des malformations pour les zones rurales classées comme « probables » était de 15,8 pour 1.000 naissances viables. Pour les « non probables », le taux était de 12,9.

Les matériaux les plus hautement radioactifs ont été trouvés parmi les roches ignées. Les zones intéressées présentaient le taux de malformations le plus élevé, 17,5. Les zones à importants dépôts glaciaires présentaient un taux de 15,4. Elles comprenaient les vallées du plateau d'Allegheny et les zones à moraines glaciaires. Les zones à dépôt glaciaire moindre avaient un taux plus bas.

3. Les données sur les naissances en fonction de la profession du père ont servi à évaluer les relations entre le taux des malformations, la présence de matériaux radioactifs et le milieu social.

La mortalité des nouveau-nés par malformation est inversement proportionnelle au niveau économique et social indiqué par la profession du père. Cependant, il n'y a aucune relation entre le milieu social et économique et la présence de matériaux radioactifs. Là où la présence de corps radioactifs était « probable » le taux des malformations était plus élevé que là où elle était « improbable », pour tous les groupes professionnels sauf un.

4. Les données concernant l'origine de l'eau distribuée aux habitants ont servi à évaluer le rapport entre le taux des malformations, la présence de matériaux radioactifs, et l'eau potable selon qu'elle provenait des puits et sources ou au contraire des lacs et des rivières. Dans les zones de matériaux radioactifs « probables », le taux des malformations est plus élevé (16,9) dans les communes prenant leur eau dans des puits ou des sources, et moins élevé (12,4) dans celles utilisant les eaux de surface (lacs et rivières). Dans les zones « non probables », les taux correspondants sont 12,9 et 11,9.

5. Des groupes de communes contiguës, à taux de malformations relativement haut et relativement bas, ont été choisis pour une étude épidémiologique spéciale.

Il n'est apparu aucune différence entre régions à taux élevés et bas, en ce qui concerne la distribution des naissances d'après l'âge

de la mère, l'âge du père, le nombre d'enfants antérieurement mis a monde par la mère, ou la profession du père. Il n'y a pas non plu de différences pour la mortalité après le premier mois et la mort natalité.

Dans aucune localité il n'est apparu de relation entre la ru béole et les malformations. Les résultats d'une enquête auprès d'u grand nombre de familles ont montré que les irradiations médicales les maladies infectieuses pendant le premier trimestre de la gros sesse et autre facteur étiologique n'étaient pas responsables de différences remarquées dans le taux des malformations.

6. La mesure du rayonnement externe environnant donne de chiffres se situant principalement entre 8 et 12 μr par heure avec aug mentation notable autour des minéraux de haute teneur radioactive Ce niveau correspond à une irradiation de 2,1 à 3,2 r pour une pé riode de 30 ans. Des mesures préliminaires de radium 226 pou un nombre limité de sources d'eau ont révélé une radioactivité élé vée pour celles qui provenaient de régions à roches ignées; elle contenaient $29{,}0.10^{-16}$ g par cm^3. Cette moyenne forme un contrast avec la moyenne générale de 0,0 à $1{,}7.10^{-16}$ g de radium par cm déterminée dans l'eau des canalisations publiques.

American Journal of public Health, *vol. 4*
n° 4, avril 1959, pp. 497-513.

LES EFFETS GENETIQUES ET SOMATIQUES DU CARBONE 14

Sur la base d'une communication de Libby concernant le carbone 14, il est procédé à des calculs des effets génétiques et somatiques prévisibles du carbone 14 produit par les essais d'armes nucléaires. En conclusion, une estimation est donnée selon laquelle un an d'essais (30 mégatonnes de fission plus fusion) doit être la cause dans le monde entier (il est prévu que le nombre des naissances sera dans l'avenir cinq fois plus élevé que ce qu'il est à présent chaque année) de 55.000 cas de tares physiques ou mentales graves chez des enfants, de 170.000 morts à la naissance ou durant l'enfance, et de 425.000 morts embryonnaires ou néonatales. (Il y a une quotité inconnue d'interférence entre les trois catégories.) Ces chiffres sont environ 17 fois plus élevés que ceux auxquels l'on évalue habituellement l'effet probable des retombées de produits de fission pour un an d'essais.

En outre, les effets somatiques prévus du carbone 14 produit par les essais de bombes sont, en ce qui concerne la leucémie et le cancer des os, du même ordre de grandeur que ceux des produits de fission, strontium 90 compris, et plus grands pour ce qui a trait aux troubles résultant de l'irradiaton des tissus autres que la moelle et les tissus osseux.

Toutes ces estimations sont d'une grande imprécision ; elles peuvent être aussi bien cinq fois trop élevées que cinq fois trop faibles. L'imprécision dans l'estimation des effets du carbone 14 relativement à ceux des produits de fission contenus dans les retombées n'est pas aussi grande.

Dans son article de 1956 sur les retombées radioactives (*1*) Libby fait ressortir que les neutrons libérés dans les explosions d'armes nucléaires réagissent avec les noyaux d'azote de l'air pour produire du carbone 14, qui a une période d'environ 5.600 ans. A propos des essais de bombes il dit que, « heureusement, cette radioactivité est essentiellement sans danger du fait de sa longue période et de l'énorme quantité de gaz carbonique qui la dilue dans l'atmosphère ». Il indique qu'il faudrait 5,2 tonnes de neutrons pour « doubler la

faible radioactivité naturelle de la matière vivante due au radiocarbone. Un tel accroissement n'aurait aucun effet sur la santé. » Il mentionne que, pour une même libération d'énergie, les armes thermonucléaires produisent plus de neutrons que les armes de fission, et il conclut que « le point essentiel est que l'atmosphère est difficile à activer et que les activités produites sont sans danger ».

Peut-être ai-je été rassuré par ces déclarations, car jusqu'en avril 1958 je ne fis aucun calcul sur les effets génétiques et somatiques du carbone 14 produit par les essais d'armes nucléaires. Je fus surpris alors de découvrir que les calculs, qui font le sujet de cet article (*2*), aboutissent à ces conclusions que le danger génétique, mesuré d'après le nombre prévisible d'enfants présentant à leur naissance des tares du fait des mutations induites par la radioactivité, doit être plus grand pour le carbone 14 que pour les produits de fission ordinairement classés comme retombées universelles, et que les effets somatiques peuvent être du même ordre de grandeur.

Dans son article de 1956, Libby déclare qu'une arme de 20 kilotonnes, avec fission d'un kilogramme de plutonium ou d'uranium, produirait 10 g de neutrons, dont on peut raisonnablement supposer que 15 % s'échappent et produisent du carbone 14. Le rendement en carbone 14 serait ainsi de 1,05 kg par mégatonne (le rendement maximum serait de 7 kg par mégatonne, si tous les neutrons étaient efficaces).

On trouve d'autres renseignements dans l'exposé qu'il fit, le 27 mars 1958, au Symposium de l'Académie des Sciences médicales de Suisse, à Lausanne, sur les retombées radioactives, texte maintenant rendu public par la Commission de l'Energie Atomique (*3*). Dans ce texte, Libby affirme que 1 mégatonne obtenue par fusion et fission (pondérée en fonction des explosions qui ont réellement eu lieu) devrait produire $3{,}2.10^{26}$ atomes de carbone 14, soit 7,4 kg. Il montre alors que cette estimation est supérieure à la précédente fondée sur l'hypothèse que 15 % seulement des neutrons libérés sont efficaces, et indique que la nouvelle évaluation est basée sur une information plus solide.

L'ancienne évaluation concernait la fission seule. Si nous la supposons valable, nous devons en conclure que le fait que la nouvelle estimation lui soit supérieure de 7 fois doit être attribuée à un rendement élevé pour la fusion. Par exemple, si les énergies produites par fusion et fission ont été de même grandeur pour les explosions antérieures, le rendement en carbone 14 de la fusion devrait atteindre

re 13,8 kg par mégatonne, environ 13 fois le rendement de la ission.

(Le 29 mai 1958, après que les calculs décrits dans cet article urent été faits, mon attention fut attirée par Ben Tucker sur l'article « Danger de la radioactivité de l'explosion des bombes à hydrogène propres et des bombes atomiques ordinaires » de O.I. Leipounski, publié dans le numéro de décembre 1957 de la revue soviétique *Atomnaia Energuia* (*4*). Les évaluations que j'y ai trouvées s'accordent seulement très approximativement avec les miennes. Leipounski donne 5,2 kg par mégatonne pour la quantité de carbone 14 produite par fission et 33 kg par mégatonne pour la quantité produite par fusion. Cette dernière valeur représente une efficacité de 96 % pour les neutrons libérés, selon le calcul, par la réaction H2 + H3 donnant 1 mégatonne d'énergie, ou une efficacité quelque peu plus petite si quelques-uns des neutrons de 12,5 MeV produisent des neutrons additionnels par réaction *n, 2 n*. L'évaluation faite par Libby de 7,4 kg par mégatonne, pour la fission et la fusion dans le rapport des explosions qui ont eu lieu, est de 39 % des 19,1 kg, valeur de Leipounski pour la fission et la fusion prises dans le rapport moitié-moitié).

Libby donne 10^{28} pour la meilleure estimation du nombre d'atomes de carbone 14 introduits dans l'atmosphère (principalement dans la stratosphère) par les essais de bombe effectués jusqu'à présent, gardant présent à l'esprit le fait qu'une quantité substantielle retombe sous forme de carbonate de calcium, notamment dans le cas d'explosions au sol sur des coraux. Le nombre de 10^{28} atomes (232 kg) correspond à 31 mégatonnes de bombes. Je suppose qu'un tiers du carbone 14 produit est libéré dans l'atmosphère, deux tiers retombant sous forme de carbonate de calcium. Cette estimation est fondée sur la déclaration de Libby (*5*), en décembre 1956, selon laquelle les essais de bombes, dans leur totalité jusqu'à l'époque où son article fut rédigé (il fut donné à la publication le 17 octobre), avaient libéré 30 mégatonnes de produits de fission. A ce que j'ai compris du tableau des explosions nucléaires publié dans *la Nature des retombées radioactives et ses effets sur l'homme* (*6*, pages 2063-2065), les produits de fission furent pour la première fois libérés en grande quantité le 1er mars 1954, les explosions précédentes ayant été des explosions de petites bombes ou de bombes fission-fusion sans grand troisième étage. Si les essais ont continué à la même cadence d'octobre 1956 à janvier 1958 (date de référence pour

la déclaration de 1958 de Libby) que de 1954 à 1956, les 232 k de carbone 14 introduits dans l'atmosphère correspondent à 45 mé gatonnes de fission et, en supposant que le rapport fission-fusio ait été égal à 1, à 90 mégatonnes pour l'ensemble des essais. D là l'estimation faite ci-dessus selon laquelle un tiers du carbone 1 devient du gaz carbonique atmosphérique.

Les 232 kg de carbone 14 (estimation de Libby) introduits dan l'atmosphère par les essais de bombes ont causé une concentratio de carbone 14 dans le gaz carbonique atmosphérique en Nouvelle Zélande au point d'accroître de 10 % sa valeur normale de 195 (*7*). Le carbone 14 dégagé dans l'atmosphère s'intègre en pe d'années à la biosphère et à la couche supérieure (environ 300 pieds de profondeur) de l'océan (*8, 9*). L'intégration se produit plus len tement dans les couches profondes de l'océan. Des études de plu sieurs auteurs (*8, 9*) ont abouti à des conclusions très voisines e ce qui concerne la rapidité du mélange. Nous utiliserons le modèl simple avancé par Arnold et Anderson (*9*); on aboutirait, pour l'es sentiel, aux mêmes conclusions en utilisant tout modèle compatibl avec le chiffre de 600 ans pour l'âge du carbone dissous dans l'océan

Deux réservoirs de carbone.

Dans le modèle simple d'Arnold et Anderson, on considère deu réservoirs de carbone. Le réservoir A est l'atmosphère (0,13 g d carbone par cm^2), la biosphère terrestre (0,05 g/cm^2), et l'humu (0,2 g/cm^2), totalisant $2{,}0.10^{18}$ g de carbone, dont 3.200 kg d carbone 14. Dans ce réservoir s'établit un rapide équilibre du ca bone 14. Le réservoir C est l'ensemble de l'océan, y compris la bio sphère océanique; il contient 8,5 g/cm^2 ($44{,}10^{18}$ g) de carbone, 2 fois plus que A.

L'équilibre entre A et C peut être exprimé par une constant d'accroissement k et une constante de réduction k', avec les va leurs respectives $k = 0{,}035/an$ et $k' = 0{,}0016/an$.

Considérons N_0 atomes de carbone 14 libérés dans A par le expériences d'une année, à une cadence-type que nous supposon être de 30 mégatonnes par an, avec production de 222 kg de ca

1. Cent mètres environ. (*N.d.T.*)

bone 14 dont 74 kg répandus dans A. Le nombre (N_A) de ces atomes au bout du temps t est donné par l'équation

$$\frac{dN_A}{dt} = -k N_A + k' (N_o - N_A) \qquad (1)$$

La solution de cette équation est

$$N_A = \frac{k'}{k+k'} N_o + \frac{k}{k+k'} N_o e^{-(k+k')t}$$

qui, en explicitant les valeurs de k et k', devient :

$$N_A = 0{,}044\ N_o + 0{,}956\ N_o e^{-0{,}0363\ t}$$

Jusqu'ici N_o a été considéré comme une constante. Nous la remplaçons par $N_o e^{-0{,}000124\ t}$, qui correspond à la dégradation radioactive du carbone 14 avec une vie moyenne de 8.070 ans (période de 5.586 ans), pour obtenir :

$$N_A = 0{,}044\ N_o e^{-0{,}000124\ t} + 0{,}956\ N_o e^{-0{,}0364\ t} \qquad (2)$$

Partant de là, le carbone 14 nouvellement formé dans le réservoir A, voie par laquelle il accède au corps humain, peut être considéré comme comportant une fraction de 4,4 % avec une vie moyenne de 8.070 ans et une autre de 95,6 % avec une vie moyenne de 27,5 ans (l'inverse de 0,0364/an).

Les effets génétiques au niveau actuel de la population.

Evaluons, en premier lieu, l'effet génétique du carbone 14 provenant des essais de bombes, en supposant que la population du monde demeure constante.

James F. Crow, membre de l'Académie Nationale des Sciences (Comité du Conseil National de la Recherche sur les Effets Génétiques des Rayonnements Atomiques), a donné une estimation des effets génétiques résultant d'une irradiation des gonades de 0,1 roentgen, dans sa déposition devant le sous-comité spécial du Congrès sur les rayonnements, le 4 juin 1957 (*6*, page 1021). Il estimait qu'une irradiation de 0,1 roentgen des gonades de la population mondiale actuelle produirait des mutations de gènes qui, pour un grand nombre de générations, se traduiraient par la naissance de 82.000 enfants présentant de graves tares physiques ou mentales, 300.000 morts à la naissance et pendant l'enfance, et 700.000

morts embryonnaires et néonatales. Respectivement, 8.000, 20.000 et 40.000 de ces différents cas devraient advenir dès la première génération. En outre, Crow estimait qu'il se produirait un nombre plus élevé bien qu'inchiffrable de tares mineures ou inappréciables, qui pourraient représenter la majeure partie du dommage, car, étant donné leur forme bénigne, elles risquent moins de causer la stérilité ou la mort de l'individu qui en est atteint et, par conséquent, elles auront plus de chances de persister dans la population, affectant ainsi un plus grand nombre de personnes.

Les estimations pour les trois catégories ont été faites de différentes manières, et les catégories ne s'excluent pas l'une l'autre. En particulier, les morts à la naissance sont incluses dans les seconde et troisième catégories. Crow m'a dit qu'à son point de vue il y avait peu de chevauchement entre la première et la seconde catégorie.

On doit reconnaître que ces estimations sont très incertaines. Crow dit qu'elles peuvent être cinq fois trop élevées ou cinq fois trop faibles, voire davantage, mais qu'il vaut mieux procéder à une estimation très grossière du nombre de personnes concernées plutôt que de ne pas en faire du tout. Je suis d'accord avec lui.

L'imprécision de ces estimations ne concerne pas la discussion sur les effets relatifs du carbone 14 et des produits de fission, exposée ci-dessous.

On doit souligner que, bien que de grands nombres soient énoncés ci-dessous pour l'estimation des effets des essais d'armes nucléaires à la cadence actuelle, ces nombres sont très petits en comparaison de ceux qui représentent les effets du rayonnement naturel et des autres agents mutagènes. Par exemple, le rapport du Conseil National de la Recherche de l'Académie Nationale des Sciences affirme qu'environ 2 % de la totalité des naissances viables présentent des tares appréciables d'origine purement génétique (cec est en gros la première des trois catégories décrites plus haut). Pour 75 millions de naissances par an cela correspond à 1,5 millions de tares mentales ou physiques importantes. L'estimation de l'effe de la poursuite des essais d'armes nucléaires à la cadence récente augmente ce dernier nombre de 15.000 (en incluant l'effet du carbone 14). De là, on peut conclure que les essais de bombes n'accroîtront pas de plus de 1 % les naissances entachées de tares (ou entre 0,2 % et 5 %, si l'on tient compte de la suggestion de Crow relative à l'incertitude sur les estimations).

L'estimation de l'ordre de grandeur de l'irradiation des gonades ur une cadence moyenne d'essais de bombes correspondant aux iq années précédant 1956, selon le Comité du Conseil National la Recherche de l'Académie Nationale des Sciences est de 0,1 entgen en 30 ans. Ainsi, estime-t-on qu'une année d'essais à cette dence produira 2.700 enfants affectés d'une tare mentale ou phyque grave, 10.000 enfants mort-nés ou morts pendant l'enfance, 23.000 morts embryonnaires ou néonatales (cette estimation ne nt pas compte des effets du carbone 14).

Le *Vingt-troisième rapport semestriel de la Commission de Energie atomique* contient cette déclaration que les essais de bom-s à la cadence actuelle seront la cause, selon toute estimation pos-ble, de 2.500 à 13.000 naissances par an d'enfants présentant des res. Cette déclaration se trouve dans le rapport du Comité nsultatif pour la Biologie et la Médecine. Elle semble corresndre aux calculs faits ci-dessus, compte tenu de l'incertitude quant la proportion dans laquelle les deux premières catégories se recouent partiellement l'une ou l'autre.

Le rapport du Comité du Conseil National de la Recherche de Académie Nationale des Sciences contient la formule suivante : Il ressort que les habitants des Etats-Unis ont reçu en moyenne, fait des retombées radioactives, pendant les cinq dernières anes, une dose telle que si l'on continuait les essais d'armes à la ême cadence, la dose produite en 30 ans serait de l'ordre d'*un ième de roentgen* ; et puisque la précision n'est probablement s meilleure qu'un facteur 5 on peut dire que la dose sur 30 ans, la cadence des essais d'armes est maintenue au niveau antéur, sera probablement supérieure à 0,02 r et inférieure à 0,50. Le ux des retombées pour les cinq dernières années n'a pas été unirme. Si les essais d'armes se poursuivaient dans le futur au rythme plus rapide que l'on ait connu jusqu'à présent (en 1953 et 1955), rs la dose des retombées en 30 ans indiquée ci-dessus devrait e à peu près doublée ».

Il est par conséquent possible d'estimer quelque peu supérieure 0.1 roentgen en 30 ans l'irradiation moyenne des gonades correndant à la cadence récente des essais d'armes nucléaires. Il est ficile de rendre beaucoup plus précise l'estimation des effets des oduits de fission, en l'absence de toute publication détaillée des ides sur lesquelles reposent les estimations de l'irradiation des nades.

Considérons maintenant les effets génétiques du carbone
Selon Libby, l'irradiation des gonades par le carbone 14 nat
(*10*) est de 0,0015 roentgen par an. Cette dose a été calculée
admettant que le corps humain contient 18 % de carbone, que l
tivité spécifique du carbone est de 15 désintégrations par gra
et par minute, et que l'énergie moyenne du rayonnement bêta
égale à 40 % de l'énergie maximum, 167 keV.

Si nous prenons comme cadence actuelle des essais de bom
la valeur de 30 mégatonnes par an (fission plus fusion) l'acti
initiale du carbone 14 due à une année d'expériences est de 0,0
roentgen par an multiplié par 74/3.200, rapport de la quantité
carbone 14 introduit dans le réservoir A par les essais à la quan
de carbone 14 naturel (produit par le rayonnement cosmique). C
activité initiale est de 35.10^{-6} roentgen par an. Sur cette quan
$1,46.10^{-6}$ roentgen correspond au premier terme de l'équatio
et 33.10^{-6} au second terme. L'irradiation totale des gonades est
tenue en multipliant ces quantités par les vies moyennes corresp
dantes, respectivement 8070 et 27,5 ans; on obtient respectivem
0,0118 et 0,0009, soit un total de 0,0127 roentgen.

Nous voyons que le second terme (terme non équilibré par
mélange dans le grand réservoir océanique) ne contribue à l'e
total que pour 8 % de l'apport du premier terme. D'un autre c
c'est le plus important des deux pour la génération actuelle e
suivante.

L'irradiation totale des gonades due au carbone 14 pendan
vie entière de l'isotope (par personne actuellement vivante, la
pulation du monde étant supposée constante), 0,0127 roentgen,
quatre fois celle habituellement supposée pour les retombées
verselles (0,0033 roentgen, correspondant à 0,1 roentgen en 30 a
Les effets estimés du carbone 14 pour un an d'essais de bom
à partir des chiffres de Crow, sont : 12.000 enfants présentant
graves tares physiques ou mentales, 38.000 mort-nés ou morts
rant l'enfance et 90.000 morts embryonnaires ou néonatales.

Les effets génétiques aux niveaux de futures populations.

Considérons maintenant l'incidence de l'accroissement de
population mondiale que l'on peut raisonnablement prévoir. Act
lement, la croissance de la population mondiale est telle qu'
double tous les cinquante ans. Si nous supposons qu'aucune ca
trophe ne se produise, elle peut se poursuivre au même rythme

nt quelques centaines d'années et la population pourra alors de-eurer pratiquement constante avec un nombre annuel de nais-nces égal à cinq fois la valeur actuelle. Le nombre d'enfants anor-aux correspondant au premier terme de l'équation (2) devrait re multiplié par un facteur sensiblement égal à 5. Si la population ondiale devait s'accroître ainsi, le carbone 14 correspondant à un d'essais produirait un total d'environ 55.000 enfants présentant ne grave tare physique ou mentale, 170.000 mort-nés ou morts ns l'enfance et 425.000 morts embryonnaires ou néonatales. A rtir de ces hypothèses, on calcule que les essais de bombes effec-és jusqu'à présent (estimés au total à 150 mégatonnes, jusqu'en 58 inclusivement) entraîneront un nombre d'enfants anormaux et morts égal à cinq fois ces derniers chiffres.

Ainsi, nous voyons que les effets génétiques du carbone 14 pro-it lors des essais de bombes peuvent être estimés à environ quatre is ceux des retombées ordinaires (calculés à partir des valeurs irradiation des gonades habituellement signalées), si la population meure constante, et environ dix-sept fois si la population mondiale oît comme nous l'avons supposé.

Il y a un procédé plus simple pour faire les calculs (*11*). Sup-sons que le carbone 14 dégagé par les essais de bombes se mé-nge très rapidement dans l'ensemble des réservoirs, y compris les ofondeurs de l'océan. Avec cette hypothèse et les autres énoncées -dessus, un calcul direct peut-être effectué qui aboutit à des nom-es voisins.

On peut penser que les effets prévus du carbone 14, qui sur une riode de milliers d'années sont supérieurs à ceux des produits de sion des retombées ordinaires, ont peu de sens du fait de notre norance de la nature du monde dans un avenir relativement loin-n. Par conséquent, il est intéressant de calculer quels seront les fets d'un an d'expérience sur la prochaine génération.

fets d'une année d'essais sur la prochaine génération.

Nous allons d'abord considérer le nombre prévisible de nais-nces sérieusement anormales dans la prochaine génération du t des retombées ordinaires. D'après les estimations de Crow et r la base d'une irradiation des gonades de 0,1 roentgen en 30 ans, trouve 270 enfants avec une tare physique ou mentale importante, 0 morts durant l'enfance et 1304 morts embryonnaires ou néo-tales.

Pour le calcul du nombre de naissances sérieusement anorma auxquelles il faut s'attendre dans la première génération en rai de la présence de quantités additionnelles de carbone 14 dans l mosphère, on ne peut négliger le taux de diffusion du carbone dans les profondeurs de l'océan. Les 74 kg de carbone 14 libé dans l'atmosphère par année d'essais à la cadence-type sont cause d'un accroissement initial de 2,3 % de la concentration carbone 14, la charge normale de l'atmosphère, de la biosphère, l'humus et de la couche supérieure de l'océan étant de 3.200 Ce calcul s'accorde *grosso modo* avec la déclaration de Libby se laquelle « l'accroissement de la quantité de carbone 14 peut être l'ordre de 3 % par an, comme il ressort de l'observation. » Le t d'accroissement, selon une expérience sur le gaz carbonique d l'atmosphère, est de l'ordre de 2,1 % par an.

On doit noter que le taux d'accroissement de la quantité carbone 14 observée dans l'atmosphère fournit quelque justificat du chiffre auquel on estime la cadence moyenne des essais, 30 m gatonnes de fission plus fusion par an, (compte tenu de l'hypoth qu'un tiers du carbone 14 produit est libéré dans l'atmosphèr comme il est démontré par la similitude entre l'accroissement calc de 2,3 % par an et l'accroissement de 2,1 % observé. Le mê taux d'accroissement dans l'atmosphère et les mêmes effets gé tiques et somatiques résulteraient, par exemple, de 20 mégatonn de bombes explosées par an avec la moitié du carbone 14 libérée. calcul des effets génétiques et somatiques peut être directement b sur le taux d'accroissement observé du carbone 14 dans l'atmosphè

Le taux de diffusion du carbone 14 dans les profondeurs l'océan correspond à une vie moyenne de 27,5 ans dans le p petit réservoir. L'irradiation des gonades par le carbone 14 natu est de 0,0015 roentgen par an dont les 2,3 % font 0,000035 roe gen d'accroissement annuel. Avec une vie moyenne ramenée pour carbone 14 à 27,5 ans dans le petit réservoir, l'irradiation totale gonades pour les premières décennies après les essais s'établit 0,00096 roentgen. Dans une population mondiale au niveau actu le nombre d'accidents génétiques dus au carbone 14 pendant première génération pour une seule année d'essais est estimé 80, 200 et 400 pour les trois catégories respectivement. Il inférieur aux estimations concernant les retombées radioactives dinaires. C'est du fait de la très longue durée d'existence du c bone 14 que l'effet total, étalé sur tout le temps de vie des isotop

ient plus grand pour le carbone 14 que pour les produits de ion.

On doit considérer la possibilité d'une action mutagène particue au carbone 14 : l'altération causée à une molécule d'acide oxyribonucléique par effet Szilard-Chalmers, ou l'effet chimique transmutation du carbone en azote lors de la désintégration du bone 14. Si nous prenons 50.000 gènes par individu, 200.000 mes de carbone par gène, 5.10^9 la population future du monde qu'à l'âge de 30 ans et un rendement de 74 kg de carbone 14 s l'atmosphère par année d'essais, le calcul donne 70.000 muons par ce mécanisme pour chaque année d'essais. Ce nombre, est vraisemblablement la limite supérieure, n'est que 10 % iron de celui des individus affectés par l'irradiation issue du carne 14 dans les trois catégories. Nous en concluons que le mécame particulier faisant intervenir les atomes de carbone 14 dans gènes eux-mêmes est moins important que l'irradiation en ce concerne les dommages génétiques.

Le calcul des effets somatiques prévus du carbone 14 dû aux ais de bombes peut être effectué facilement, par comparaison c ceux des produits de fission. Avec les mêmes hypothèses que r les calculs précédents sur les effets génétiques, en y incluant pothèse de l'accroissement d'un facteur cinq de la population ndiale, on trouve qu'une année d'essais d'armes nucléaires prot une irradiation par le carbone 14, sur tout le temps d'existence radiocarbone, équivalente à l'exposition de la population actuelle globe à une irradiation de 0,061 roentgen pour le corps entier, qui est bien supérieur à l'évaluation généralement admise 0033 roentgen pour l'irradiation de l'ensemble du corps par les duits de fission produits en un an d'essais) et quelque peu supér à ce que l'on croit être l'irradiation de la moelle des os et tissus osseux par le strontium 90 (respectivement 0,03 et 0,056 ntgen par année d'essais, selon l'estimation du Comité Consul de Biologie et de Médecine de la Commission de l'Energie Atoue dans le *Vingt-troisième rapport semestriel de la Commission l'Energie atomique,* 1958). De là nous calculons que le nombre l des cas de leucémie et de cancer des os auxquels on peut s'atre en raison du carbone 14 est du même ordre de grandeur que ombre prévisible de mêmes dommages provoqués par les produits ission, strontium 90 inclus, et que le nombre à prévoir de cas cancers d'autres sortes, qui résulteront de l'irradiation de tissus

autres que la moelle et les tissus osseux, est plus grand pou carbone 14 produit par les essais d'armes nucléaires que pour produits de fission.

Bibliographie

1. W.F. Libby : *Science,* 1956, 123, p. 657.
2. Cet article est la contribution n° 2396 du Laboratoire de mie Gates et Crellin, Institut de technologie de Californie, P dena.
3. Publication de la Commission de l'Energie Atomique du mars 1958; W.F. Libby : *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.,* 19 44, p. 800.
4. O.I. Leipounski : *Atomnaia Energuia,* trad. anglaise, 1957, p. 530.
5. W.F. Libby : *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.,* 1956, 42, p. 9
6. *The Nature of Radioactive Fallout and Its Effects on* (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 19
7. T.A. Rafter : *N.Z. J. Sci. Technol.,* 1955, 37 B, p. 20; 19 18, p. 871; T.A. Rafter et G.J. Fergusson, *Science,* 19 126, p. 557.
8. H. Craig : *Tellus,* 1957, 9, p. 1; R. Reveller et H.E. Sue *Ibidem,* p. 18.
9. J.R. Arnold et E.C. Anderson : *ibidem,* p. 28.
10. W.F. Libby : *Science,* 1955, 122, p. 57.
11. L. Pauling : Lettre au rédacteur en chef, *New-York Times* 16 mai 1958.

Cette étude a paru dans Science *(U.S.A.), 128, n° 3333, 14 novembre 1958, pp. 1183-118*

LE PROBLEME DE L'ACTION BIOLOGIQUE DES FAIBLES DOSES DE RADIATIONS IONISANTES

L'état de l'expérimentation permet d'admettre raisonnablement que l'action des radiations ionisantes au niveau cellulaire ne comporte pas de seuil.

Du fait de l'augmentation sans cesse croissante des sources de diations ionisantes, les circonstances dans lesquelles les hommes y nt exposés se font de plus en plus nombreuses. Parmi elles, les xamens radiologiques occupent une place de premier plan en rai-n non seulement de la dose reçue par chaque individu examiné, ais surtout en raison du nombre très élevé de sujets qui y sont xposés.

Les doses reçues sont très faibles, sauf accident ou utilisation tempestive des appareils de radiodiagnostic. Elles ne produisent ucun effet décelable sur l'individu lui-même ou sur sa descendance mmédiate.

Les commissions internationales ne cessent depuis quelques an-ées de définir le niveau des doses admissibles de radiations ioni-ntes pour des sujets exposés du fait de leur profession.

Il y a une dizaine d'années ces doses étaient de 1 roentgen par maine, puis elles furent abaissées à 0,3. Enfin récemment l'opi-on prévalait que la dose hebdomadaire admissible ne devait pas épasser 0,1 r par semaine.

La définition de ces doses admet implicitement que l'action des diations ionisantes sur la cellule vivante est un phénomène qui ne mporte pas de seuil, ni de baisse de l'efficacité biologique, si ible que puisse être la dose.

Dans ce qui va suivre on se propose d'examiner quelle significa-n on peut accorder à la notion de seuil du point de vue radio-ologique; l'on exposera brièvement les données que l'on possède

sur les effets des faibles doses sur les cellules de la lignée somati et sur les cellules de la lignée germinale. Surtout, l'on traitera a quelques détails des renseignements fournis pas un système ba rien au moyen duquel il est possible de démontrer en toute rigu une absence d'effet de seuil.

1. — Aspects théoriques de la relation dose-effet. La notion de se

Considérons le cas général d'une relation entre la dose et l'e dans un phénomène qui comporterait un seuil. Ceci peut s'énon en disant qu'au-dessous d'une certaine valeur de la dose l'irradiat ne détermine la production d'aucune modification de la propri considérée.

On peut formuler cette relation de la manière suivante :

$$Q = f\ (D) - k \geqq 0$$

où Q est la grandeur de l'effet produit (en fait, il s'agit d'une p portion donnée d'organismes, de cellules ou de molécules modifié $f\ (D)$ une fonction quelconque de la dose et k une constante positi La dose seuil se définit comme celle pour laquelle $f\ (D) = k$. courbe représentative d'une telle relation a été tracée figure 1.

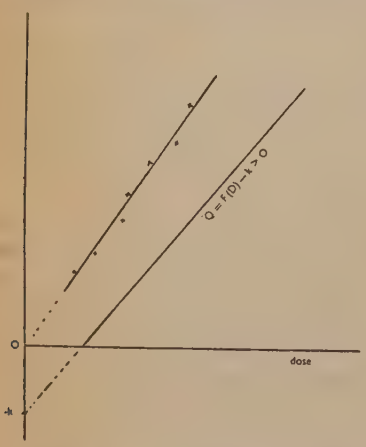


Figure 1. — *Exemple courbe représentative d'u relation dose-effet avec se (courbe inférieure). Au-d sus, on a schématisé un ty de courbe expérimentale présentative d'une fréque de mutants en fonction de dose.*

Sur le plan biologique les interprétations auxquelles donne l l'équation précédente sont multiples; par exemple, on peut imagi que dans la cellule ou dans l'organisme irradié préexisterait une su tance qui neutraliserait une quantité donnée de radicaux radioform selon un mécanisme non compétitif. Tant que cette substance n' pas épuisée aucun effet n'est susceptible de se produire. Seu

urraient avoir une action des doses capables de susciter la forma-
n d'un nombre de radicaux suffisant pour épuiser la substance
pothétique. L'existence d'un seuil suppose que la lésion observable
it liée à deux facteurs indépendants, l'un d'eux seulement étant
terminé par l'irradiation.

On ne connaît pas d'exemple de tels phénomènes chez les
icro-organismes ni chez les organismes supérieurs. Nous n'entre-
ns pas dans les détails d'une discussion sur la possibilité de phé-
mènes comportant une modification de l'efficacité biologique du
yonnement aux faibles doses. Du point de vue formel ils excluent
effet de seuil; en pratique, ils n'ont pas été observés avec cer-
ude.

Voyons maintenant quelle est l'allure des relations dose-effet
ez les organismes supérieurs et chez les micro-organismes, dans
région des très faibles doses.

— *Les organismes supérieurs.*

a) *L'action génétique.* Depuis la découverte de l'activité muta-
ne des rayons X par Muller en 1927, de très nombreux travaux
t été consacrés à préciser la nature de la relation entre la dose
l'effet génétique. Parmi eux, nous ne citerons que les plus ré-
nts et les plus précis dus à Spencer et Stern (1948). Ces auteurs
t pu montrer que la relation de proportionnalité, qui s'observe
tre la fréquence des mutations induites et la dose, se trouve vali-
e jusqu'à moins de 50 roentgens. La droite représentative de
tte relation extrapolée vers les faibles doses passe par l'origine
s coordonnées. Ceci indique que selon toute probabilité l'induction
mutations chez la Drosophile est un phénomène sans seuil. Ce-
ndant, en raison du volume des cellules sexuelles de la Mouche,
ne peut exclure avec certitude que de nombreux evénements liés
l'irradiation ne soient nécessaires (pour de plus amples détails, voir
arcovich (1957). Thèse Faculté des Sciences. Paris). Cependant,
isque la validité de la relation dose-effet linéaire est validée jus-
'aux doses les plus faibles compatibles avec la précision des me-
res, on peut admettre jusqu'à preuve du contraire qu'il s'agit là
un phénomène sans seuil.

b) *L'action somatique.* Les données concernant l'action des radia-
ns ionisantes sur les cellules somatiques sont nombreuses, mais
s relations quantitatives entre les effets observés et la dose très
précis. La raison essentielle réside dans le fait que la réponse

biologique est modifiée par la dose non seulement quantitativem mais aussi qualitativement. Les lésions observées chez la Sou avec une dose de 200 r., par exemple, ne sont pas identiques à cel d'une dose de 1.000 r. Les réponses enregistrées diffèrent se que l'animal est irradié en totalité ou en partie, selon son état pl siologique et aussi selon la lignée à laquelle il appartient. Du po de vue pratique tout se passe, à l'échelle d'un animal, comme pour l'action léthale il y avait un seuil. La raison en est que si lésions causées aux tissus les plus radiosensibles, comme par exe ple le tissu sanguin formateur, n'intéressent qu'un petit nombre cellules, celles qui survivent sont capables de combler les vides, réparer la lésion. Mais à l'échelle cellulaire il ne semble pas q puisse exister de seuil.

L'action cancérogène, qui est formellement un effet du type r tagène, est cependant difficile d'analyse du point de vue quantita La complexité des facteurs qui interviennent dans l'éclosion d cancer est grande, facteur hormonal (Lacassagne, 1932), fact irritatif pour ne parler que des plus simples.

Certains auteurs admettent qu'il pourrait exister un seuil d' tion notamment en ce qui concerne l'action leucémogène, (Furth Lorenz, 1954). Cette opinion est cependant loin d'être admise beaucoup de cancérologues.

Il nous paraît, en raison de la gravité de sous-estimer le d ger de cancérisation, qu'il est raisonnable, du moins pour l'ac cancérogène, d'admettre qu'il n'existe pas de phénomènes de seu ceci légitime la prescription des doses admissibles.

3. — Action des radiations ionisantes sur les bactéries lysogènes

Parmi les systèmes biologiques utilisables dans l'étude de l'ac des très faibles doses de radiations ionisantes, les bactéries l gènes occupent une place privilégiée.

On sait que les bactéries lysogènes sont des bactéries qui sèdent inscrite dans leur patrimoine héréditaire, la propriété de duire des bactériophages. Cette production s'accompagne de la des bactéries qui en sont le siège. Il s'agit par conséquent phénomène léthal pour la cellule. Dans une culture de bacté lysogènes il existe une certaine quantité de phages libres qui viennent de la lyse d'une faible fraction de la population.

En 1950, Lwoff, Siminovitch et Kjeldgaard ont montré que

yons ultra-violets sont capables d'augmenter dans des proportions nsidérables le nombre de bactéries productrices de bactériophages. ns des conditions de culture convenables et pour des doses opti- um, près de 100 % de la population bactérienne peut être inté- ssée par le phénomène. En 1951, Latarjet montra que les rayons X nt doués de la même propriété. C'est ce que Lwoff a proposé de signer sous le nom d'induction lysogénique. L'étude des bactéries sogènes par Lwoff et ses élèves, la découverte du phénomène de « induction » ont permis de pousser l'investigation sur les rapports tre une cellule et les virus capable de les infecter avec une telle esse qu'elle éclaire d'un jour particulier bon nombre de problèmes biologie, notamment celui des cancers à virus.

Quand une bactérie est « induite » à produire des bactériophages se passe une période dite de latence qui dépend à la fois de la uche et de l'agent inducteur. A la fin de cette période la lyse rvient et chaque bactérie libère près de 100 à 150 particules de rus. Le nombre de bactériophages mesuré dans le milieu permet nc de connaître indirectement celui des bactéries ayant été « in- ites ». La détermination s'effectue sur une souche bactérienne nsible au bactériophage libéré par la souche lysogène.

Au cours de travaux antérieurs (Marcovich, 1956 *a* et *b*), il a été ouvé que la fréquence des bactéries induites par les rayons X est oportionnelle à la dose dans un intervalle allant de 2.000 r à oins de 1 r. Il s'agit de la souche d'Escherichia coli K 12 (λ). courbe de la relation entre la dose et la fréquence des bactéries duites est représentée figure 2.

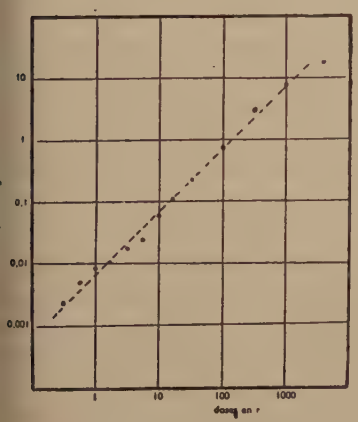


Figure 2. — *Fréquence des bactéries T 12 (λ) « induites » par des doses ionisantes de rayons X. Coordonnées log/log.*

Les résultats qu'elle exprime permettent de démontrer en to rigueur que l'induction de cette souche est un phénomène sans se On sait, en effet, que l'absorption par la matière d'un rayonnem électromagnétique d'énergie suffisante, tel que les rayons X ou aboutit à créer des atomes qui ont, soit perdu, soit gagné un électro les ions. Ces ions se trouvent répartis le long de trajectoires d'é trons lancés à grande vitesse dans le milieu par suite de l'absorp du photon incident. La distribution des trajectoires est par con quent plus ou moins hétérogène selon la dose puisque celle-ci directement fonction du nombre de photons absorbés. Mais trajectoire considérée isolément est entièrement indépendante de dose puisqu'un seul photon suffit à la déterminer. Or, il est poss de montrer que pour la dose de 10 r et plus encore pour celle de la possibilité pour que plus d'une trajectoire traverse la même l térie est faible. S'il fallait deux électrons pour initier l'« inductio il y aurait une nette déviation à la relation de proportionnalité. peut, par conséquent, en déduire qu'un électron peut « tout fai dans les conditions expérimentales où l'on s'est placé. Il en rés qu'il ne saurait exister de phénomène de seuil dans le cas qui v d'être analysé.

Le test de l'induction lysogénique a été utilisé pour évaluer doses reçues par l'ovaire au cours de certains examens de ra diagnostic. Des cultures bactériennes ont été exposées au rayon ment d'un appareil radiographique sous des fantômes constitués des plans tissulaires prélevés sur un cadavre formolé. On a conduit à estimer entre 0,05 et 0,3 r la dose ovarienne résult de la prise d'un seul cliché, selon le type d'examen de la ré pelvienne. Ce test biologique permet en outre, d'effectuer des sures difficilement praticables avec une chambre d'ionisation. Ai par exemple, au cours d'une hystéro-salpingographie le liquide que vient au contact de la glande. Le rayonnement diffusé pourra contribuer à augmenter la dose ? Pour s'en rendre compte, goutte de suspension bactérienne fut déposée à la surface d solution de lipiodol à 40 % et irradiée. Le rayonnement diffusé apparu comme négligeable comparé au rayonnement direct. (M covich, 1955).

Les bactéries lysogènes peuvent être utilisées comme syst intégrateur de rayons ionisants sous de très faibles débits. En congelant à —25° C en présence de 10 % de glycérine on peut garder, semble-t-il, indéfiniment « inductibles ». On a pu ainsi m trer que l'effet inducteur du rayonnement émis par une faible q

é de radium est susceptible de s'accumuler sans perte pendant ois mois au moins. (Marcovich et Latarjet, 1956).

En conclusion, on peut raisonnablement admettre que les effets s radiations ionisantes au niveau cellulaire sont des effets sans uil. Ceci est la justification de la définition des doses admissibles des mesures de prévention contre l'exposition inconsidérée aux diations ionisantes.

Bibliographie

Furth (J.) and Lorenz (E.), « Carcinogenesis by ionizing radiaons », *Radiation Biology,* Mc Graw Hill ed. (1954), 1145.

Lacassagne (A.), « Apparition des cancers de la mamelle chez la ouris mâle soumise à des injections de folliculine », *C.R. Acad. Sci.* 932), *195,* 630.

Latarjet (R.), « Induction par les rayons X de la production d'un actériophage chez un *B. megatherium* lysogène », *Ann. Inst. Past.* 951), *81,* 389.

Lwoff (A.), Siminovitch (L.) et Kjeldgaard (N.). « Induction la production de bactériophages chez une bactérie lysogène », *nn. Inst. Past.* (1950), *79,* 815.

Marcovich (H.), « Appréciation des doses reçues par les gonades rs de certains examens de radiodiagnostic ; conséquences généques possibles », *Bull. Acad. Nat. de Med.* (1955), *139,* 80.

Marcovich (H.), « Etude radiobiologique du système lysogène *Eschericia coli* K 12 », *Ann. Inst. Past.* (1956 *a*) *90,* 303.

Marcovich (H.), « Etude radiobiologique du système lysogène *E. coli.* Induction par les rayons X. Etude des faibles doses », *nn. Inst. Past.* (1956 *b*), *90,* 458.

Marcovich (H.) et Latarjet (R.), « Effects of long term irration on lysogenic bacteria », *Advances in Radiobiology,* Olivier d Boyd ed. (1956), *281.*

Muller (H.J.), « Artificial transmutation of the gen », *Science* 927), *66,* 84.

Spencer (W.P.) and Stern (C.), « Experiments to test the valiy of the linear r-dose/mutation frequency relation in Drosophila low dosage ». *Genetics* (1948), *33,* 43.

A. LEBEDINSKI, V. GRIGORIEV et G. DENIEVTCHOGLIAN

SUR LES EFFETS BIOLOGIQUES DES FAIBLES DOSE DE RAYONNEMENTS IONISANTS

Des recherches expérimentales ont permis de déceler notamm une altération du système nerveux des animaux et de l'homme s l'action de faibles doses de rayonnement ionisant. Cette action, p laquelle on ne discerne pas de seuil, a des effets cumulatifs.

Aussi difficile que soit la solution du problème des effets bi giques des faibles doses, il est nécessaire d'y porter une gra attention. D'abord, il est indispensable de fournir une répo étayée par l'expérience à cette question : quelles peuvent être conséquences pour les êtres vivants de l'augmentation du niv radioactif à la suite des essais d'armes nucléaires et thermonucléai Sans présumer de la réponse à la question de la nocivité des ef de la radiation à faible dose, nous manquons toujours d'évalua biologique sûre des doses dépassant le niveau naturel et défi comme « doses maximum permises ». De plus, les recherches les effets biologiques des faibles doses nous permettent d'étu les effets des rayons ionisants à leur état le plus « pur », dans conditions où ils ne sont pas masqués par d'autres phénomènes lergie, infection, etc.) et ainsi de contribuer à nous assurer un mo d'établir le comportement spécifique de la réaction des systèmes logiques. Enfin, les connaissances acquises sur les doses du m ordre que celles du niveau naturel sont très utiles pour résoudre problème de grande importance biologique : le rôle du niveau d radiation naturelle dans les processus vitaux (...).

On pense que les faibles doses de rayonnement provoquent effets génétiques (Russell, Haldane, Doubinine) et que des mo cations somatiques à long terme comme les cancers et les leucé

nt également observées en cas d'irradiation prolongée. Ces effets ivent être rangés dans un groupe particulier, car il s'agit dans les ux cas de l'action de la radiation sur des systèmes d'information ractérisés par leur inaptitude à la régénération.

Mais on a montré que les faibles doses peuvent aussi induire des fets immédiats dont l'étude est d'un intérêt spécial : on peut les udier sans le long délai nécessaire à l'observation des effets géné-ques, pour lesquels il faut jusqu'à présent recourir à la méthode l'extrapolation (...).

Plusieurs recherches montrant la grande sensibilité du système nguin et des mécanismes de répartition ont été faites ces dernières nées. Par exemple 0,1 roentgen agissant pendant 0,1 seconde suf-sent pour modifier l'aspect du sang. Une diminution du nombre des obules blancs a été observée 30 minutes après une irradiation de 5 à 20 mr. Des actions répétées de 0,002 à 0,03 r par jour pen-nt 117 semaines ont entraîné une diminution de 9 % des leucocytes. n possède des indications sur la haute sensibilité des gonades et s cellules sexuelles aux faibles doses (...).

Il y a des raisons de penser que les réactions aux faibles doses nt du même type que celles qui ont lieu aux fortes doses, c'est-dire qu'elles résultent aussi bien de modifications locales que d'ac-ns indirectes. Dans ce cas, la réaction aux faibles doses pourrait re considérée comme la réaction spécifique, car elle n'est pas com-iquée par tous les phénomènes qu'entraînent inévitablement les fets « de destruction » des fortes doses.

On sait maintenant que les effets secondaires du rayonnement sultent du comportement du système nerveux et des mécanismes docriniens qui lui sont intimement liés. Il est donc important de voir si le système nerveux est atteint par les faibles doses.

Cette participation du système nerveux à la réaction de l'orga-sme aux faibles doses peut être établie par l'examen des modifica-ns de son état fonctionnel manifestées par des altérations des actions réflexes [1] (...).

1. Les auteurs décrivent ensuite une série d'expériences, donnent les sultats et les détails techniques d'études des réflexes sur l'homme et les imaux (étude d'électro-encéphalogrammes, seuils de réflexes, activité électrique, propriétés fonctionnelles de la rétine, etc. Par exemple, les ets produits par 10^{-4} µ c/cm³ de solution de strontium 90 sur la rétine nt observés par la méthode de l'électrorétinogramme. On a calculé qu'ils rrespondent à une dose supérieure d'un tiers à celle du rayonnement turel). Nous n'avons pas eu la possibilité de reproduire ici ces dévelop-ments (*N.d.l.R.*).

Nous avons ainsi réussi à démontrer que les faibles doses, ou des changements dans l'activité bioélectrique, entraînent des mo fications dans la réactivité et l'excitabilité du cortex cérébral. (...)

Les modifications dans les systèmes nerveux d'animaux ay accumulé du radiostrontium pendant leur embryogénèse sont pa culièrement nettes. Les organes situés dans les cavités osseuses, le système nerveux central et la moelle épinière, sont spécialem atteints. (...)

Pour expliquer les altérations causées par les faibles doses, l' pothèse la plus juste est qu'elles apparaissent avant tout dans dispositifs synaptiques. Si l'on se réfère aux conceptions de V denski, l'accélération du réflexe que l'on observe peut être interp tée comme une augmentation de la labilité de divers éléments l'arc réflexe et, conformément aux conceptions actuelles, surto de l'appareil synaptique. Ainsi, la biophysique et la physiologie s' cordent pour rattacher les modifications de l'état fonctionnel du s tème nerveux sous l'action des faibles doses à une lésion des synaps

L'action de l'agent perturbateur ne peut pas être strictem considérée comme présentant un seuil et une altération est possi pratiquement pour toute augmentation du niveau naturel, c'est-à-d dans tout l'intervalle que nous avons admis pour les « fai doses ». (...)

L'un des graves dangers encourus par l'humanité par suite l'augmentation du niveau de radioactivité réside dans la capa d'accumuler les effets des rayonnements ionisants que possèdent vers systèmes biologiques.

Extraits d'un rapport présenté à la Deuxième C férence Internationale pour l'utilisation pacifique l'énergie atomique, tenue à Genève sur décision l'ONU du 1er au 13 septembre 1958. Ce texte a publié aux pages 5 à 16 du tome 5 de la série « R ports des savants soviétiques » de l'édition soviéti des travaux de cette Conférence, aux Editions de Direction Générale de l'Energie Atomique de l'U S.S., Moscou, 1959. Dans l'édition de l'ONU langue anglaise, il figure au tome 22, page 17 et vantes.

DONNEES RECENTES SUR LES RETOMBEES RADIOACTIVES AU JAPON

On trouvera dans les pages qui suivent les éléments du dossier présenté aux délégués de la Cinquième Conférence mondiale contre les Bombes A et H (Hiroshima, août 1959) par Mademoiselle le docteur Kimi Honda, au nom de l'Association des Médecins du nouveau Japon.

Ces données, rassemblées par cette association avec la collaboration du Centre d'Etudes scientifiques du Conseil japonais contre les bombes A et H, sont extraites pour l'essentiel d'un rapport présenté en février 1959 par le groupe de recherches attaché au ministère de l'Instruction publique du Japon et publié en mai 1959 dans l'ouvrage « Etat des recherches sur la radioactivité » par le Comité de l'énergie atomique du Bureau des sciences et techniques.

Des annexes, contenant des renseignements datant de septembre 1959, montrent une augmentation alarmante de la radioactivité.

I. — La radioactivité du corps humain au Japon

fluence des retombées radioactives sur la population.

Les retombées radioactives provenant des explosions expéri-entales répétées d'armes nucléaires au cours des dernières années chaque année davantage contaminé la surface de la terre et les res animés. L'influence exercée sur le corps humain par ces tombées peut être attribuée d'abord à l'irradiation externe par s rayons gamma émanant de substances radioactives à la surface la terre, et ensuite à l'irradiation interne provoquée par les bstances radioactives qui ont été apportées dans les tissus et les ganes par les aliments et les boissons. Cette dernière influence t considérée comme quantitativement plus importante que la pre-ière. En ce qui concerne les retombées radioactives de courte pé-ode, plus elles tombent rapidement et plus leur influence est grande. u point de vue de l'influence à long terme pour le corps humain, quantité des substances radioactives de longue période, comme

le strontium 90 et le césium 137, doit être sérieusement prise considération. C'est pourquoi on a mesuré ces quantités, princip ment celles de Sr90 et de Cs137, d'une part dans la totalité de nourriture quotidienne, et d'autre part dans le corps; ces mesu ont été effectuées par les universités de Tokyo, d'Osaka, de Ka shima, de Gumma et de Tohoku, par l'Institut de Recherches Médecine Radiologique, etc.

Substances radioactives des produits alimentaires ordinaires.

Les légumes, le riz et le blé — particulièrement le riz décortiqué — contiennent plus de Sr90 et de Cs137 que le pois — particulièrement le poisson d'eau calme —, la viande, le l etc. Cependant, pour étudier l'influence exercée sur le corps huma il faut examiner la quantité consommée quotidiennement des di rents aliments; nous pouvons conclure qu'au Japon le riz est actu lement le principal véhicule du strontium 90 absorbé par le co humain. Le tableau 1 consigne le résultat des analyses effectu sur plusieurs centaines de produits alimentaires composant le me standard établi par l'Institut National de l'Alimentation. On a r langé et analysé la quantité totale de la nourriture d'une perso pour une durée de 35 jours. Cette expérience a été réalisée juin 1957, à Tokyo :

Tableau 1

Ca absorbé par pers. par jour (mg)	Sr absorbé par pers. par jour (mg)	Sr 90 absorbé par pers. par jour ($\mu\mu c$)	Unité de strontium
567	1,36	2,03	3,59

Ce menu standard comprend essentiellement du riz blanc et pain, des légumes, du poisson et des coquillages, de la viande, La quantité quotidienne de protéine ingérée était de 74,6 g, le t de calories, 2.177. On suppose donc que le peuple japonais abs bait quotidiennement à cette époque 2 micromicrocuries de str tium 90 en moyenne si sa façon de se nourrir était conforme à c qui avait été adoptée pour l'établissement du menu standard. moyenne, le Japonais a besoin d'absorber 0,89 g par jour de calci avec lequel il ingère également du strontium. Depuis qu'intervienn

s retombées de substances radioactives créées par l'homme, du ontium 90 est mélangé au strontium naturel.

Comme on mange davantage de riz et moins de viande dans les lages japonais et les régions rurales, l'estimation du Sr90 doit être te sur la base des aliments contenus dans le menu rural standard. résultat montre que la quantité assimilée est de 5,8 µµc, c'est-dire le double de celle qu'absorbent les citadins. Si le riz non cortiqué est substitué au riz blanc, ce qui est très fréquent à la mpagne, la quantité assimilée est de 23 µµc. En outre, si l'on nt compte du fait que l'on y boit l'eau de pluie recueillie, ce iffre s'élève à 26 µµc, soit dix fois plus que dans les zones ur-ines.

Le tableau 2 indique la quantité de Cs137 contenue dans les oduits alimentaires, sur les mêmes bases que celles qui ont servi établir le tableau 1.

Tableau 2

Date	Lieu	U.C.	Cs 137 (µµc) par pers.et par jour
Juin 1957	Kiryu	34	49
Août 1957	Kiryu	32	56

On estime que 50 µµc de césium 137 ont été absorbés en oyenne en 1957 par l'intermédiaire des denrées alimentaires dans s régions urbaines du Japon.

adioactivité dans le corps humain.

a) Strontium 90. — Le Sr90 est absorbé par l'intermédiaire des liments et se trouve, pour la plus grande part, déposé dans les os. n conséquence, la moelle des os est irradiée, ce qui entraîne des oubles de la fonction hématopoïétique. Comme cette substance adioactive a une période d'environ 28 ans, il est extrêmement dif-cile d'en débarrasser le corps humain. Dès maintenant, le Sr90 st l'un des plus redoutables produits de la fission. Cependant, l'in-égralité du Sr90 se trouvant dans les aliments ne reste pas néces-airement dans le corps humain. Tout adulte a dans les os environ kg de calcium et de 0,3 à 0,5 g de strontium non radioactif naturel

absorbé avec les aliments et l'eau. On considère qu'une partie Sr et du Ca contenus dans l'alimentation quotidienne est absor par les os et qu'une très petite quantité du Sr et du Ca qu'ils c tiennent s'en trouve libérée. Il se produit ainsi un échange du str tium et du calcium dans les os; ce processus s'effectue plus rapi ment chez les enfants et les jeunes gens en période de croissa que chez l'adulte. On a mesuré la quantité de Sr90 dans les os Japonais décédés de 1956 à 1958. Quoique le nombre de cas e minés soit assez réduit, la plus grande concentration de Sr9(généralement été trouvée dans les os des sujets les plus jeur Il en va de même chez les animaux herbivores; mais en ce concerne les êtres humains, la tendance ne semble pas se mani ter aussi clairement que dans le cas précédent, car elle est fonction la manière dont l'individu se nourrit et de bien d'autres facteu Il est certainement nécessaire de procéder à de nombreuses me res. Dans le cas des fœtus, le dépôt de Sr90 est remarquablem important en comparaison de ce qui se passe chez un adulte même chez un être jeune dont les os sont déjà formés; la raison est que le strontium 90 assimilé avec les aliments par la fem enceinte est entraîné dans le courant sanguin et est déposé par l termédiaire du placenta dans les os du fœtus en même temps que calcium.

Le tableau 3 donne la quantité de strontium 90 dans les os Japonais décédés de 1956 à 1958.

Dans le cas des adultes, les os étaient déjà formés avant les tombées des produits de la fission; ainsi, le processus d'écha avec le strontium 90 est faible. Cependant, ce phénomène se pour et se poursuivra durant de nombreuses années car les retomb continueront certainement, ce qui aggravera la contamination aliments. En conséquence, la présence de Sr90 dans les os s'accroître même si les explosions sont arrêtées. Ceci doit se m fester avec plus d'évidence chez les enfants que chez les adul Comme la dose d'irradiation de la moelle des os en cas de co mination des os par une unité strontium de strontium 90 est esti en moyenne par le Comité Scientifique des Nations Unies de 5 mrems par année, l'action du Sr90 est encore inférieure pou moment à celle de la quantité totale d'irradiation des os (esti par le même Comité à 100 mrems par an) qui est causée par rayons cosmiques ou par le rayonnement naturel du potassium du carbone 14, du radium, etc. Cependant, il est évident l'accroissement de la quantité dont il est parlé plus haut se proc

ableau 3. — *Sr90 dans les os des Japonais décédés de 1956 à 1958.*

Age à la date du décès	Lieu	Date de l'analyse	Sr 90 (U.S)
Foetus de 6 mois (3 cas)	Osaka	Fév.-avril 1957	4,8
Foetus de 6 mois	Osaka	Mars 1957	4,1
Huit ans	Tokyo	Janvier 1957	0,20
Vingt-huit ans	Tokyo	Janvier 1957	0,48
Quarante et un ans	Tokyo	Mai 1957	0,10
Cinquante cinq ans	Tokyo	Janvier 1957	0,04
Cinquante neuf ans	Tokyo	Janvier 1957	0,24
Soixante trois ans	Tokyo	Décembre 1956	0,07
Moins d'un an (3 cas)		Janvier 1957-juin 1958	1,05
Un à quatre ans (8 cas)		"	0,76
Cinq à dix neuf ans (4 cas)		"	0,66
Au-dessus de 20 ans (10 cas)		"	0,37

b) Césium 137. — La nature du césium 137 s'apparente quelue peu à celle du potassium et, pour l'essentiel, le Cs137 est bsorbé par les tissus mous comme les muscles, le cœur, etc. En articulier le Cs137 absorbé par la gonade ne peut pas être négligé uant à son influence sur l'hérédité. La période du Cs137 est de 7 ans, mais le processus d'échange du césium dans le corps s'ectue assez facilement, comparativement à celui du Sr90 qui este longtemps dans les os. Le tableau 4 donne la quantité de céium 137 qui se trouve dans le corps des Japonais.

En Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, la quantité de Cs137 st mesurée directement sur le corps humain à partir des rayons amma qu'il émet tandis qu'au Japon, à l'Université de Gumma, analyse chimique est effectuée dans le muscle, le sang et l'urine.

Tableau 4. — *Cs137 dans le corps des Japonais.*

Organe ou substance	Lieu d'examen	Date d'examen	U.C	Cs 137 ($\mu\mu$c)
Muscle (45 ans)	Osaka	Janvier 1957	-	100/kg muscle frais
Sang (40 ans)	Kiryu	Juillet 1957	60	110 / litre
Urine	Kiryu	Mai 1957	69	49 / litre
Urine	Kiryu	Mai 1957	41	30 / litre
Urine	Kiryu	Mai 1957	48	45 / litre
Urine	Kiryu	Mai 1957	37	30 / litre

Le tableau 4 montre que le corps du Japonais — d'un poi moyen estimé à 50 kg — contenait 5 millimicrocuries de Cs1 en 1957. Cependant, une certaine quantité est excrétée par urines. La quantité d'urine évacuée quotidiennement par un adu étant en moyenne d'environ 1 litre et demi, si nous comparons chiffre avec les 50 $\mu\mu$c de césium 137 que le corps absorbe personne et par jour si l'on se réfère au menu standard, on const que ces deux chiffres ne sont pas loin de coïncider; approximati ment donc, cette quantité de césium 137 entre dans le corps hum et en sort quotidiennement.

Actuellement, l'irradiation de la gonade par le Cs137 est es mée par le Comité Scientifique de l'ONU à 1 mrem par an envir Quoique l'irradiation provoquée par le Cs137 artificiel soit lég si on la compare à l'irradiation naturelle, il est évident que le ta de mutation s'élèvera proportionnellement à l'accroissement Cs137, comme il a été dit.

Tiré de Aperçu des recherches sur l'énergie a mique, *publié le 11 mai 1959 par la Commission l'Energie atomique du Japon.*

II. — La contamination par les substances radioactives s'accroit rapidement

La Commission japonaise de l'Energie atomique a publié le mai 1959 son premier rapport d'ensemble. Ce qui suit est le sumé du rapport des membres du département de l'Inspection de radioactivité (Chef de département : Dr Masao Tsuzuki) de cette ommission; ce rapport, établi en coopération avec d'autres experts, nalyse le résultat des observations et des recherches sur la conta- ination par les substances radioactives du corps humain, de l'at- osphère, des produits alimentaires, des animaux et des végétaux u Japon et autour de ce pays au cours d'une période d'environ 5 ans rès l'explosion de Bikini, qui est à l'origine de la contamination du ateau de pêche *Daigo-Fukuryumaru*.

D'après ce rapport, la contamination du corps humain et du mi- eu s'accroît rapidement du fait des explosions expérimentales armes nucléaires.

Contamination du corps humain.

Le résultat de l'examen des produits alimentaires contenus dans menu standard de l'Institut de l'alimentation du ministère de la anté publique révèle que la quantité de strontium 90 dans les oduits alimentaires consommés au cours d'une journée est de 2,0 icromicrocuries dans les régions urbaines et de 5,8 dans les ré- ons rurales; ce dernier taux semble devoir être attribué au fait ue l'on mange davantage de riz à la campagne.

D'après les études sur la contamination par le Sr90 d'os de ponais décédés en 1957 et 1959, on constate que plus les sujets nt jeunes et plus les os sont contaminés. Ainsi, les os de 4 fœtus e six mois qui avaient cessé de vivre entre février et avril 1958 à saka contenaient, en moyenne, 4,5 US tandis que les os d'enfants, e jeunes gens d'une vingtaine d'années et d'hommes mûrs de 5 ans contenaient respectivement en moyenne 1,0, 0,7 et 0,04 nités strontium.

2. *Contamination du milieu.*

On a examiné la contamination de l'air depuis 1954. Elle a r
pidement augmenté à partir de 1955 et, tout récemment, un lit
d'air contenait 100,0 micromicrocuries. En corrélation étroite av
ce fait, la contamination de l'eau s'accroît. Au cours des deux de
nières années, la quantité moyenne de substances radioactives da
l'eau de pluie a été de 70 μμc par litre. L'eau de pluie forteme
contaminée contient le dixième de la dose maximum admissible.

L'étude de la répartition des substances radioactives dans le s
montre que la quantité maximum se rencontre à proximité de la su
face, dans la couche allant du niveau du sol à deux centimètres
profondeur. La contamination des feuilles et des fruits des végéta
est attribuée davantage à la pluie, elle-même contaminée, qu'à u
absorption par les racines.

3. *Contamination des animaux.*

Les andouillers des daims du célèbre parc Nara tombent chaq
année au printemps. On en a étudié la teneur en Sr90 et on
constaté qu'ils contenaient 2,5 US en 1953 et 7,5 en 1954. Depu
cette quantité ne cesse de croître de façon considérable. Elle
proportionnelle au degré de contamination de l'herbe dont les dai
se nourrissent. La quantité de Sr90 dans le lait est à peu près ég
à la moitié de ce qu'elle est en Europe et en Amérique. Pour
qui est du lait en poudre, la contamination en 1957 (2,9 US)
d'environ 50 fois supérieure à celle de 1953.

Tout récemment, cette contamination du lait en poudre a lé
rement diminué. Toutefois, comme les enfants dont l'alimentat
normale est le lait présentent un taux d'absorption et d'accumu
tion du strontium comparativement supérieur à celui des adult
la contamination du lait et des produits laitiers doit faire l'objet d'u
attention toute particulière.

*P.S. Ceci est repris d'un article d'un journal q
tidien japonais. On peut craindre qu'il puisse y av
quelques imprécisions dans les chiffres ci-des
mentionnés.*

III. — La radioactivité a doublé. 250.000 personnes menacées de troubles génétiques

Lors de la conférence sur les effets de la bombe atomique organisée le 5 décembre 1958, par le Conseil scientifique japonais, le professeur Yasuo Miyake, de l'Université Kyoiku de Tokyo et de l'Institut de Météorologie, a déclaré que la quantité de substances radioactives due aux expériences de bombes nucléaires qui s'accumuleront dans les dix années à venir serait le double de l'évaluation faite par la Commission spéciale des Nations Unies.

Il a été indiqué que, depuis le début de 1958, les conséquences des essais se trouvaient aggravées en raison de leur ampleur et de leur fréquence. De ce fait, l'évaluation des Nations Unies doit être revisée, car elle se fondait sur les expériences de 1955 et 1956. La quantité de retombées sur la terre est estimée à *20 millicuries par kilomètre carré,* en supposant que les essais ne soient pas poursuivis en 1959. Toutefois, 50 millicuries serait une évaluation légitime, compte tenu des données provenant d'observations basées sur le nombre réel d'explosions en 1958 (36). Par suite, les nombres de leucémies et de troubles génétiques calculés par le Centre matériel scientifique Gensuikyo sont environ deux fois plus importants que les évaluations des Nations Unies, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 5

	Nombre de cas de leucémies par an	Nombre total de troubles génétiques dans les générations à venir
Estimation des Nations-Unies	400 - 2.000	2.500 - 100.000
Chiffres révisés	1.000 - 5.000	6.000 - 250.000

Si les conférences de Genève sur l'interdiction des armes atomiques devaient se terminer sans résultat, ce qui pourrait conduire à une reprise de la compétition dans le domaine des bombes atomiques, avec la participation de la France, les chiffres ci-dessus devraient être à nouveau révisés.

(*Gensuikyo News,* n° 72).

Fréquence des explosions de bombes nucléaires
(16 juillet 1945 - 5 novembre 1958)

Etats-Unis	137	(154)
Royaume Uni	21	(21)
U.R.S.S.	55	(71)
Total	213	(246)

Calculé d'après les données des rubriques scientifiques d'*Asahi* (octobre 1958) et de *Ut* (7 novembre 1958).

Les chiffres entre parenthèses paraissent les plus probables bien qu'ils n'aient pas été confirmés.

Indiquons en outre que la puissance explosive totale de ces essais correspond à un milliard de tonnes de T.N.T.

IV. — Examen médical de victimes de la bombe A

Trente-six habitants de Tokyo, qui avaient été exposés à l'e plosion de la bombe A ont passé des visites médicales devant Collège universitaire de l'Hôpital de Médecine de Tokyo. Vingt-hu étaient à Hiroshima et huit à Nagasaki. Ils se trouvaient to à une distance comprise entre 0,8 et 4,8 km de l'hypocentre l'explosion. Vingt d'entre eux montraient les signes d'une affe tion, physique, hématologique, urinaire, etc. (voir tableaux 6 et ci-après). Parmi ces 20 cas, deux présentaient une hypertroph du foie (cas 11 et 16, respectivement un doigt et un doigt demi de largeur); sept, moins de 80 % d'hémoglobine (Sahli six, moins de quatre millions de globules rouges; onze, moins 5.000 leucocytes (parmi ces onze cas, deux avaient de 3.000 à 4.0 leucocytes, les neutrophiles étaient en diminution); dix-huit avaie un excès d'urobiline. En ce qui concerne les symptômes subjectif trente-deux personnes se plaignaient d'une sensation de fatigue quelques-unes de faiblesse, de vertiges, d'anémie cérébrale, etc trois souffraient de diathèse hémorragique. Tout ceci ne constit qu'une partie des résultats de l'examen. Ces personnes ont é examinées dans la première moitié de 1958, c'est-à-dire 13 ans apr qu'elles aient été exposées aux effets de la bombe.

Tableau 6. — *Résultats de l'examen médical de personnes ayant été exposées aux effets des bombes atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki (examens effectués de janvier à juin 1958).*

Personnes examinées	Exposées à	Sexe	Age	Distance de l'hypocentre	Conditions de l'exposition	Syndrome aigu de radiation	Sédimentation d'érythrocytes	Taux d'hémoglobine Hb	Erythrocytes (millions)	Indice de couleur	Thrombocytes
				Km.	(a)	(b)	1h.	%			
1	Hiroshima	M	27	2,0	IB	cc	-	97	4,85	1,00	92.000
2	"	M	27	1,0	E	df	13	102	5,21	1,00	177.000
3	"	M	45	2,0	ID	nul	5	90	4,10	1,09	209.000
4	"	F	54	1,5	IB	df	2	70	3,80	1,05	141.000
5	"	F	14	1,5	IB	df	10	73	4,00	0,90	134.000
6	Nagasaki	F	32	1,5	IB	dfa	10	84	4,55	0,92	173.000
7	"	M	47	3,5	E	dfcc	26	67	3,58	0,93	218.000
8	Hiroshima	M	32	2,5	E	df	14	79	4,24	0,93	110.000
9	"	F	31	2,3	E	nul	-	73	4,26	0,85	188.000
10	"	M	36	4,8	E	nul	-	91	4,87	0,93	307.000
11	"	F	29	3,0	E	d	20	97	4,58	1,05	82.000
12	"	F	72	3,5	E	nul	20	80	3,73	1,07	268.000
13	"	F	36	3,0	E	nul	12	90	5,18	0,86	435.000
14	"	F	62	1,5	IB	dcc	-	89	4,25	1,04	208.000
15	"	M	30	1,3	IB	nul	2	90	4,55	0,98	200.000
16	Nagasaki	M	30	0,7	IB	acc	40	81	3,94	1,02	248.000
17	Hiroshima	M	64	0,8	E	fcc	6	90	-	-	-
18	"	M	27	1,5	IB	df	-	94	5,85	0,80	222.000
19	"	F	61	2,5	IB	acc	-	65	3,30	0,99	118.000
20	"	M	52	2,0	IB	nul	19	98	-	-	-

(a) Intérieur d'une maison en bois — IB
Extérieur — E
Intérieur d'une maison en dur — ID

(b) Chute des cheveux — cc
Diarrhée — d
Fièvre — f
Anémie — a

Tableau 7. — *Suite du tableau 6.*

Personnes examinées	Leucocytes	Coefficient de stabilité	Segment de neutrophilie	Eosinophiles	Basophiles	Monocytes	Lymphocytes	Urobiline dans l'urine
		%	%	%	%	%	%	
1	8.400	1,5	52,0	3,5	0	5,0	33,0	±
2	3.200 4.800	1,0	54,0	3,0	0,5	5,0	36,5	-
3	4.300	0,5	58,5	1,0	1,0	4,0	35,0	+
4	6.500	9,0	45,5	0,5	0	2,0	43,0	+
5	7.500	2,5	46,5	3,5	0	3,0	44,5	+
6	4.800	0,5	46,5	2,5	0	5,0	45,0	+
7	5.900	2,0	58,0	2,5	0,5	5,0	32,0	±
8	5.900	2,0	60,5	1,5	0,5	6,0	29,5	++
9	4.900	7,5	49,0	5,5	2,0	5,0	31,0	±
10	4.700	3,5	57,5	4,0	0	8,5	26,5	+
11	5.900	1,5	43,5	6,0	0,5	6,0	42,5	±
12	4.800	2,0	61,0	0	0	4,5	32,5	+
13	4.700	1,0	72,5	1,0	0,5	3,0	22,0	++
14	4.500	5,0	72,0	0,5	0,5	4,0	19,0	±
15	8.100	0	72,0	1,5	1,0	9,0	16,6	+++
16	5.000	6,5	58,0	3,5	0,5	7,5	45,0	±
17	3.600	4,5	51,0	3,0	1,0	6,0	34,5	++
18	4.800	0,5	44,5	3,5	1,5	9,5	40,5	+++
19	8.100	1,5	35,5	3,0	2,0	7,0	51,0	
20	5.100	6,0	52,0	5,0	1,0	3,5	32,5	+++

. — PRÉSENCE DU CÉSIUM 137 DANS L'EAU DE PLUIE, LE SOL, L'EAU DE MER, LES PRODUITS ALIMENTAIRES ET L'URINE.

Le professeur Noboru Yagamata, de l'Université de Gumma, a echerché le Cs137 dans l'eau de pluie, le sol, l'eau de mer, les liments et l'urine.

Tableau 8

	Cs 137 ($\mu\mu$c)	K (mg)	Taux de retombée millicurie/km ^{2}/ année
Juillet 1958	350 ± 14	1020	4,2
Août 1958	460 ± 17	480	5,5
Septembre 1958	240 ± 15	240	2,9

Eau de pluie.

A la suite d'une récente étude, on constate que le taux de Cs137 est d'environ 4mc/km^2/an.

Sol.

Un bloc d'un volume de 30 × 30 × 20 cm de profondeur à partir de la surface et provenant du village de Kasaka, près de Nitta, aux environs de la ville de Gumma a été examiné. Voici le résultat de cet examen :

Mai 1957 ..... 4 mc/km^2
Juin 1958 ..... 12 »

c'est-à-dire un accroissement de trois fois en un an.

Eau de mer.

Le Cs137 a été recherché dans l'eau de mer par analyse d'u saumure. Cet examen a montré que 50 kg de saumure, correspo dant à 4 m^3 d'eau de mer, contiennent de 200 à 4.950 µµc de 137. Toutefois, il faut tenir compte de l'influence des retombé dans les marais salants pendant la fabrication de la saumure. Bi que le taux des retombées pendant les jours de soleil soit le dixièr de celui des jours de pluie, la moyenne de ce taux, d'après le dc teur Yasuo Miyake, est estimée de 0,3 à 3 mc/km^2 par mois, qu que soit le temps. Considérant la productivité du marais salant, estime de 0,3 à 6 µµc le Cs137 contenu dans 50 kg de saumur Cependant, le résultat le plus sûr a pu être obtenu en examina une saumure obtenue par concentration au moyen de l'ébullition p chauffage électrique. Les résultats obtenus par cette méthode sc les suivants :

Tableau 9

Eau de mer prélevée à	Date de prélèvement	Cs 137 (µµc par 50 kg de saumure)
Horobetsu, Hokkaido	Octobre 1957	500 ± 21
	Mars 1958	200 ± 24
Onahama, district de Fukushima (Côte du Pacifique)	Juin 1957	290 ± 33
	Août 1957	430 ± 17
	Mars 1958	270 ± 33
Kurobe, district de Toyama	Avril 1958	220 ± 48

Produits alimentaires.

Tous les aliments contenus dans le menu standard de l'Insti d'Alimentation du ministère de la Santé publique pour une person et pour une semaine ont été examinés de novembre 1957 à ac 1958. Voici le résultat de ces analyses :

Tableau 10

	Cs 137 ($\mu\mu$c)	K(g)	$\frac{\text{Cs 137 } (\mu\mu c)}{K(g)}$
Novembre 1957	330 ± 15	10,7	31 ± 1,4
Février 1958	250 ± 14	9,03	28 ± 1,5
Mai 1958	210 ± 14	7,57	28 ± 1,8
Août 1958	140 ± 12	7,65	20 ± 1,5

Urines.

Du fait que la quantité de Cs137 dans les aliments est variable et dépend dans une grande mesure des habitudes alimentaires, l'absorption du Cs137 par des Japonais vivant dans les villes, à la campagne ou dans des villages de pêcheurs a été examinée séparément. Afin de détecter le Cs137 dans la radioactivité résiduelle à Hiroshima même, on a prélevé des échantillons dans les parties nord-ouest et sud-est de l'agglomération, tenant compte ainsi de la direction du vent au moment de l'explosion de la bombe atomique en 1945. Le résultat de l'analyse des urines d'enfants des écoles primaires est consigné sur le tableau 11.

On a également trouvé du strontium radioactif dans les urines de ces élèves.

Dans les os.

Le professeur Yamagata, de la section de chimie de l'Université de Gumma, a découvert du césium 137 dans les os (côtes) de 15 Japonais adultes dont l'âge allait de 24 à 80 ans et qui sont morts entre août 1958 et avril 1959. Cela ressort d'un mémoire remis le 24 juillet 1959 au professeur Y. Hiyama de l'Université de Tokyo, chef du service des Recherches sur la radioactivité du ministère de l'Instruction publique.

Tableau 11. — *Résultats de l'analyse des urines d'élèves des écoles primaires.*

Lieux	N° du cas	Date	Quantité d'urine (kg)	Strontium (micromicrocuries)	Potassium	Cs 137 (μμc) / Cs 133 (g)
Zone Nord-Ouest d'Hiroshima	n° 5	Sept.	5,3	160 ± 14	6,11	26 ± 1,8
	n° 6	1957	4,3	140 ± 11	3,72	39 ± 2,8
	n° 9	"	5,8	160 ± 10	8,25	19 ± 1,2
	n° 11	"	5,6	100 ± 11	7,25	23 ± 1,6
						moyenne: 26 ± 8,6
Zone Sud-Est d'Hiroshima	n° 3	Sept.	5,7	140 ± 12	7,03	21 ± 1,7
	n° 4	1957	4,7	140 ± 8	7,29	19 ± 1,0
	n° 8	"	5,6	160 ± 14	7,25	22 ± 2,0
	n° 10	"	5,8	170 ± 14	6,33	27 ± 2,0
	n° 12	"	5,6	170 ± 12	7,65	22 ± 1,6
						moyenne: 22 ± 2,9
Zone de Kiriu	n° 13	Sept.	5,5	190 ± 20	8,66	22 ± 2,2
	n° 14	Déc.	5,6	160 ± 13	5,98	26 ± 2,2
	n° 15	1957	5,7	110 ± 10	6,11	16 ± 1,6
	n° 30	"	5,6	160 ± 9,0	11,10	14 ± 1,0
	n° 31	"	5,0	130 ± 12	9,21	14 ± 1,3
						moyenne: 18 ± 4,4
Zone de Miyazaki	n° 33	Janv.	5,7	170 ± 9,2	6,11	28 ± 1,5
	n° 34	1957	5,7	160 ± 8,4	9,19	12 ± 1,0
	n° 35	"	5,5	110 ± 9,2	9,29	12 ± 1,0
	n° 36	"	5,5	120 ± 10	9,31	14 ± 1,7
	n° 37	"	5,6	130 ± 18	9,06	19 ± 2,5
	n° 38	"	4,3	90 ± 19	8,10	11 ± 2,0
						moyenne: 16 ± 5,0
Zone de Tokyo	n° 39	mars-	5,4	110 ± 9,0	7,66	12 ± 1,0
	n° 40	avril	5,7	190 ± 11	6,45	29 ± 1,7
	n° 41	1957	5,4	94 ± 19	6,30	15 ± 3,0
	n° 42	"	2,6	68 ± 14	3,74	18 ± 3,7
	n° 43	"	4,8	130 ± 9,2	9,84	13 ± 1,0
						moyenne: 17 ± 6,8

Voici les renseignements fournis :

De 0,1 à 1,0 micromicrocurie de Cs137 a été identifié dans 1 g d'os frais (côtes). C'est la première fois que le Cs137 était trouvé dans le corps humain ; jusqu'à présent, on n'y avait découvert aucune autre substance radioactive que le strontium 90.

En estimant à 50 kg le poids moyen du corps d'un Japonais, la quantité de césium 137 dans les os est évaluée de 500 à 5.000 µµc.

Quand on recherchera la dose d'irradiation de la moelle des os, il faudra donc désormais tenir compte du césium 137. Il est, de ce fait, nécessaire de procéder à une révision fondamentale de nos conceptions sur les graves effets des retombées consécutives aux essais de bombes nucléaires.

VI. — Radioactivité de l'eau de pluie

Radioactivité totale.

Au Japon, la quantité de substances radioactives artificielles apportées sur la terre par la pluie est trois à quatre fois supérieure à celle qui est apportée par les poussières. De ce fait on doit considérer que la radioactivité accumulée à la surface de la terre a été apportée surtout par la pluie. Comme c'est au début des précipitations que la pluie contient le plus de poussières radioactives, la quantité totale annuelle de substances radioactives accumulées sur la terre dépend moins de la hauteur totale de pluie tombée que de la fréquence des averses. Il semble que l'accumulation de radioactivité artificielle soit plus élevée dans la partie du pays située au bord de la mer du Japon, où le nombre de précipitations est élevé. La plus grande radioactivité qui ait jamais été constatée dans l'eau de pluie au Japon a été observée à Fukuoka (Kyu Shu), le 6 avril 1957 ; elle était de $1.050.10^{-6}$ microcurie/millilitre au début de l'averse. En général, la radioactivité de l'eau de pluie a été inférieure à 3.10^{-7} µc/ml jusqu'au milieu de novembre 1955; à partir des derniers jours de ce mois de novembre, elle commença à augmenter rapidement. Récemment, même le chiffre le plus bas est de l'ordre de 10^{-6} µc/ml.

En moyenne, on estime que la radioactivité de l'eau de pluie est de $0,7.10^{-6}$ µc/ml, chiffre fourni par les observations effectuées sur 130 jours de pluie, nombre annuel moyen de jours de pluie au Japon.

Sr90 et Cs137 dans l'eau de pluie.

Dans l'eau de pluie, le strontium 90 atteint souvent un montant égal au dixième de la dose maximum admissible, en cas de pluies fortement contaminées. A Tokyo, on a étudié l'accroissement graduel de la quantité de Sr90 à la surface de la terre. Ces données coïncident avec celles qui ont été obtenues dans d'autres pays sous la même latitude. Le Japon appartient au groupe de pays de l'hémisphère nord où l'accumulation de strontium 90 est la plus grande. La quantité totale de Sr90 accumulé au Japon du début des expériences nucléaires à juin 1958 est estimée de 8 à 12 mc/km^2.

Le Cs137 n'a pas fait l'objet de mesures aussi étendues que le Sr90 mais son taux de retombée est plus élevé, d'après les mesures entreprises par l'Université de Shizuoka. Ce résultat coïncide avec celui qui a été obtenu en Suède. Ce phénomène est considéré comme devant être attribué à la différence de formation et de propagation du Cs137 et du Sr90.

VII. — La radioactivité dans le sol

L'étude de la radioactivité totale dans le sol est actuellement entreprise par les laboratoires régionaux d'agriculture (Hokkaido, Hokuriku, Tokai, Kinku, Kyu Shu) du ministère de l'Agriculture et des Forêts. De plus, l'Institut des techniques agricoles et l'Université de Tokyo s'efforcent de rechercher le Sr90, tandis que l'Université de Gumma travaillle sur le Cs137.

D'après les premiers résultats, la partie supérieure du sol, de 0 à 2 cm de profondeur, contient 100 coups minutes par 100 g, et ce chiffre diminue au-dessous de 2 cm. On peut en conclure que les substances radioactives sont retenues principalement par une mince couche superficielle et ne pénètrent pas dans les couches profondes. Le résultat de l'analyse montre que plus de 70 % du Sr90 est décelé dans une couche qui va de 2 à 5 cm de la surface et que l'on en trouve très peu dans les couches plus profondes, au delà de 20 cm. La concentration de Sr90 dans le sol, mesurée en différents endroits du Japon par l'Institut des techniques agricoles et par l'Université de Tokyo de janvier 1957 à janvier 1958 est la suivante (en millicuries/km^2) : Sapporo : 9 ; Morioka : 9 ; Takada : 17 ; Tsu : 9 ; Himeji : 10

Figure 1. — *Concentration du radiostrontium dans le sol du Japon (en millicuries par kilomètre carré).*

Zentsuji : 6; Haneinuzuka : 5. En différents endroits du Japon, la concentration de Sr90 dans le sol est donc de 5 à 10 mc/km^2. Le sol des rizières du laboratoire agricole de Hokuriku, à Takada (Distr. de Niigata) atteint le chiffre extraordinaire de 17. Il était du plus haut intérêt de rechercher la quantité de Sr90 contenue dans les plantes en ces différents endroits. Les chiffres du tableau ci-après ont, à moins de mention particulière, tous été obtenus en 1957 :

Tableau 12

	Sapporo	Morioka	Takada	Tsu	Zentsuji	Haneiuzuka	Kohnosu
Sol (mc/km^2)	9	9	17	9	6	5	-
Plantes(U.S) Riz non décortiqué	88	103	215	125	108	127	150 1956:90
Blé				120			145
Orge					54		

N.B. — Sous cet aspect, aucune donnée n'a été obtenue à Himeji. A Tokyo et à Hiratzuka, une sorte de chou chinois contenait respectivement 4 et 14 U.S. A Takada et à Zentsuji, les feuilles de radis en contenaient respectivement 69 et 111 et le radis lui-même 28 et 75.

VIII. — La radioactivité de l'eau de boisson

Au Japon, l'eau qui sert de boisson ordinaire et, plus généralement, à divers usages provient des réservoirs des villes ou de puits mais à la campagne beaucoup de gens boivent et utilisent l'eau de ruissellement et de pluie. Cette eau provient intégralement de la pluie. L'eau des puits est filtrée par le sol, celle utilisée dans les villes est naturellement soumise à un rigoureux traitement sanitaire (sédimentation, filtrage, etc.) qui absorbe une partie des substances radioactives et contribue à rendre l'eau moins radioactive qu'à l'origine. L'eau contaminée par la radioactivité est habituellement diluée dans les rivières ou dans les lacs. L'eau de pluie telle quelle est des plus dangereuse quand elle a été contaminée. Dans certains endroits comme les îles, les sommets des hauteurs, les phares où la fourniture d'eau n'est pas normalement assurée, les gens doi

vent boire et utiliser l'eau de pluie. La contamniation de l'air par es explosions d'armes nucléaires a fait surgir un problème grave.

Depuis la date de l'explosion expérimentale de Bikini, le laboratoire national d'Hygiène a analysé 179 échantillons d'eau de pluie. Dans 26 d'entre eux, la concentration de radioactivité atteignait 10^{-4} µc/l; 24 de ces 26 échantillons n'ont subi aucun traitement; les deux autres ont été filtrés. Le résultat de l'analyse a donné 2,03 µµc de Sr90 et Y90. Le rapport de cette quantité à la dose maximum admissible est de 1 à plusieurs dizaines.

IX. — Radioactivité dans les produits agricoles

L'institut des techniques agricoles, les laboratoires régionaux d'agriculture (dépendant tous du ministère de l'Agriculture) et les laboratoires préfectoraux de Santé publique sont chargés par le Conseil scientifique et technologique d'entreprendre l'étude de la radioactivité totale dans le riz, le blé, les légumes, les feuilles de thé, le fourrage, etc. L'Institut des techniques agricoles, l'université de Tokyo, l'université de Shizuoka, etc., travaillent à la recherche du Sr90; l'université de Gumma et celle de Shizuoka à celle du Cs137. Les résultats montrent que les produits agricoles de plein vent sont plus ou moins contaminés, que la contamination du système radiculaire et du fruit est bien moindre que celle des parties exposées telles que le pétiole, et que plus une feuille est grande et rêche, plus elle est contaminée. On en déduit que la contamination des produits agricoles semble devoir être attribuée principalement au fait qu'ils sont en contact avec de la pluie contaminée par leurs parties externes, quand la quantité de retombées radioactives est grande. Toutefois, quand les substances radioactives s'accumulent dans le sol, il y a évidemment absorption par les racines de la plante. La contamination des légumes par le Sr90 semble croître d'année en année.

La contamination par le strontium 90 s'effectue d'une façon similaire à celle de la contamination par la radioactivité totale; elle est importante dans le pétiole et dans la feuille, faible dans la racine et le fruit. En conséquence, les légumes verts sont à surveiller en particulier du fait de leur contamination. Les graines de soja et les arachides ne sont généralement pas considérées comme étant conta-

minées de l'extérieur; pourtant le fait que l'on y ait trouvé du Sr9 nous montre que l'absorption par les racines et les feuilles ne peu pas être niée. D'après les analyses effectuées par l'université d Shizuoka, l'accroissement annuel de la contamination des feuilles d thé est tout à fait remarquable depuis l'expérience de Bikini. L contamination par le strontium 90 du riz non décortiqué est beau coup plus importante que celle des légumes et des feuilles de thé La racine de la plante de riz humide, qui est une variété de riz ordi naire, se développe dans les couches peu profondes des rizière c'est-à-dire en un endroit plus favorable que les couches profonde pour l'absorption du Sr90. Généralement les légumes poussent pro fondément dans le sol. Le haut degré de contamination du riz pour rait être attribué à ce fait si la variété à racines profondes, dite ri de montagne, n'était pareillement contaminée. Dans le tableau c dessous, la contamination du riz est indiquée d'une part pour l balle de riz, d'autre part pour le riz glacé. C'est pour la premièr que la contamination est la plus forte.

Tableau 13

	Lieu de prélèvement de l'échantillon	Année	Sr 90 (U.S)		Taux affinage
			Balle de riz	Riz glacé	
N° 1	Ibaragi	1954	27,3	7,3	92
N° 2	Ibaragi	1955	39,6	13,6	92
N° 3	Saitama	1956	26,6	15,2	91
N° 4	Saitama	1956	27,5	12,4	84
N° 5	Hokkaido	1957	19,5	20,0	92
N° 6	Niigata	1957	41,1	28,0	92

Taux d'affinage : les chiffres les plus élevés indiquent une plus grande matité.

Outre le fait que la partie superficielle du grain de riz contie primitivement des éléments tels que le Sr, etc. en plus grande quan tité que les autres parties, ont peut donc considérer que la surfac du grain de riz reçoit du strontium 90 par voie externe du fait d pluies ou de poussières radioactives qui contaminent l'épi et

cosse; ce processus semble se produire après l'épiage, la floraison et la fructification. Cependant, le fait que même le riz soigneusement affiné (le chiffre 84 du tableau indique un riz de cette sorte, approprié à la fabrication de l'alcool de riz japonais — saké — et ne contenant absolument pas de balle) est, dans une certaine mesure contaminé par le strontium 90 présuppose que celui-ci puisse être absorbé à partir du sol par le canal des racines ou, du dehors, par la surface des feuilles, avec transmission interne.

X. — Contamination du lait par le strontium radioactif

Le professeur Yoshio Okubo, de la faculté d'agriculture de l'université de Tokyo, a étudié la contamination du lait par le strontium 89 radioactif. Le strontium radioactif qui a été absorbé par le corps par voie buccale est plus facilement évacué dans les fèces que dans les urines. Habituellement, le strontium radioactif disparaît rapidement du sang.

D'après le résultat des expériences opérées sur des rats femelles allaitant, auxquelles on a injecté du strontium radioactif, la concentration de strontium dans le lait décroît rapidement quand une seule dose est administrée; mais si on administre le strontium 89 chaque jour pendant un certain temps, on constate que la quantité entrant dans le sang s'accroît. Cependant, en cas d'absorption quotidienne répétée de strontium par voie buccale, dans de l'eau, la quantité qui entre dans le sang reste constante. De plus, dans le cas d'absorption par la bouche, 20 % du strontium est incorporé dans l'organisme et on estime que le cinquième de cette quantité (soit 4 % de la quantité initiale) passe dans le lait.

Au sujet du strontium 90 dans les produits laitiers, on a appris que le Sr90 excrété dans le lait ne passe pas entièrement dans le beurre, mais que la plus grande partie va dans le fromage, car la caséine et le Sr90 s'unissent l'un à l'autre. Cela illustre le danger de concentration des substances radioactives issues des retombées.

XI. — Le strontium 90 dans le lait en poudre

M. Tomikichi Tsugo, de la faculté d'Agriculture de l'univer sité de Tokyo a recherché la quantité exacte de strontium 90 qui s trouve dans le lait en poudre. Les échantillons ont été prélevés dan du lait en poudre fabriqué en août 1957, novembre 1957, févrie 1958 et mai 1958, respectivement dans six localités des région (d'Est en Ouest) d'Hokkaido (Yeso), de Tohoku, de Kanto, de Chubu de Kinki et de Shikoku. Le résultat des analyses montre que l plus grande quantité de Sr90 se trouve à Hokkaido, puis à Tohok et Kanto; on constate donc une diminution d'Est en Ouest. Cett constatation recoupe les observations faites sur la quantité de stron tium 90 présente dans l'eau de pluie des régions considérées.

La quantité maximum de strontium 90 a été trouvée à Hok kaido en février 1958. Elle était de 6,4 ± 1,5 unités de strontium ce qui correspond à 82,2 μμc par kg de lait en poudre. Le minimun a été trouvé en mai 1958 à Kinki; il était de 0,5 ± 0,1 U.S., soi 5,8 μμc par kg de lait en poudre.

En supposant qu'un enfant nourri au biberon consomme 25 k de lait en poudre dans les douze mois suivant sa naissance, on peu calculer la quantité de strontium 90 qu'il absorbera dans un te lait en poudre. Le maximum serait de 2.055 μμc avec le lait e poudre de Hokkaido fabriqué en février 1958 et le minimum d 145 μμc avec celui de Kinki en mai 1958. Etant donné que la dos maximum admissible pour les personnes exposées professionnellemer aux radiations est de 1.000 μμc et de 100 μμc pour l'ensemble de l population, y compris les enfants, la quantité de strontium 90 com prise dans le biberon de l'enfant et absorbée par lui est le double d la dose maximum admissible pour les professionnels exposés aux ra diations quand cet enfant est nourri avec le lait en poudre de Hok kaido qui contient le maximum de Sr90. Il en absorbe encore bie plus que le maximum admissible même s'il est nourri avec le lait e poudre de Kinki, qui contient le moins de strontium 90. Il n'est pa de mots pour exprimer ce danger. D'après les résultats des reche ches de M. Tsugo, il n'y avait pas un seul échantillon qui ne contî pas de strontium 90.

Tableau 14. — *Teneur en radiostrontium du lait en poudre japonais.*

Lait en poudre préparé à partir de :	Lieu de préparation	Date de préparation	% de Ca dans les cendres.	$\frac{Sr}{100\ Ca}$	Sr 90 ($\mu\mu c$) pour 1 g Ca (S.U.)	Sr 90 ($\mu\mu c$) par kg échantillon	Sr 90 ($\mu\mu c$) par kg lait liquide
Lait écrémé	Hokkaido (Toshima)	9-57	14,4	0,038	4,3 ± 0,4	50,1	4,6
"	"	11-57	14,6	0,033	5,2 ± 0,5	63,8	5,8
"	"	2-58	14,7	0,062	6,7 ± 1,5	82,2	7,5
"	"	5-58	14,7	0,032	4,2 ± 0,97	48,1	4,4
Lait complet	Tohoku (Miyagi)	9-57	15,0	0,030	1,2 ± 0,1	10,5	1,2
Lait écrémé	Tohoku (Yamagata)	11-57	13,5	0,036	2,0 ± 0,2	21,7	2,0
Lait complet	"	2-58	15,4	0,023	0,9 ± 0,06	8,8	1,0
	"	5-58	13,2	0,027	1,7 ± 0,85	13,8	1,5
Lait complet	Kanto (Gumma)	11-57	15,1	0,021	1,1 ± 0,2	10,1	1,1
Lait écrémé	"	2-58	14,5	0,041	1,4 ± 0,3	17,1	1,6
	"	5-58	14,8	0,024	1,0 ± 0,2	12,4	1,1
Lait complet	Chubu (Yamanashi)	9-57	15,7	0,031	1,5 ± 0,2	13,9	1,5
"	Chubu (Nagano)	11-57	14,9	0,034	1,2 ± 0,1	11,1	1,2
"	"	2-58	14,4	0,046	2,2 ± 0,3	19,6	2,2
"	"	5-58	14,6	0,033	0,8 ± 0,3	6,7	0,7
Lait complet	Kinki (Hyogo)	9-57	14,0	0,026	1,3 ± 0,3	11,6	1,3
Lait écrémé	"	11-57	14,5	0,025	0,61 ± 0,12	7,6	0,7
"	"	2-58	14,5	0,041	1,0 ± 0,25	12,5	1,1
	"	5-58	15,1	0,019	0,5 ± 0,1	5,8	0,5
Lait écrémé	Chugoku-Shikoku (Tokushima)	9-57	13,6	0,022	1,2 ± 0,2	13,9	1,3
"		11-57	14,3	0,041	1,4 ± 0,3	16,6	1,5
"		2-58	14,9	0,024	1,6 ± 0,25	19,6	1,8
	"	5-58	13,5	0,031	1,0 ± 0,5	11,2	1,0

XII. — Contamination des animaux par les substances radioactives

Les substances radioactives tendent à s'accumuler dans le corps des oiseaux et des mammifères parce que ces animaux se nourrissent d'herbes et de produits agricoles qui ont été contaminés par les retombées. En conséquence, on a observé que dans le corps des animaux herbivores le Sr90 s'accroît parallèlement à l'aggravation annuelle de la contamination du sol et des récoltes.

Strontium 90.

Au parc Nara, les daims se nourrissent d'herbes et leurs bois commencent à pousser au printemps, puis leur croissance s'arrête à l'automne et ils tombent d'eux-mêmes au printemps suivant. Ainsi les andouillers se renouvellent chaque année. On peut ainsi mesurer tous les ans le résultat de la contamination par le Sr90. Ceci est très pratique et a permis de constater un accroissement annuel remarquable de Sr90, de 1953 à 1956 inclus.

Le tableau 15 indique par ailleurs le Sr90 trouvé dans les os de chevaux d'une ferme de Nasu, district de Tochigi.

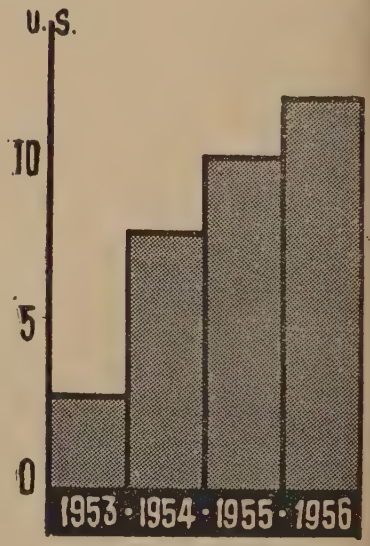


Figure 2. — *Teneur en Sr90 des andouillers des daims du parc Nara.*

La quantité extraordinaire de Sr90 dans le cas n° 4 pourrait être attribué au fait que le jeune cheval doit avoir assimilé pendant sa croissance beaucoup plus de Sr90 que les chevaux âgés. Il faut noter que l'on avait effectué l'analyse d'un petit nombre d'os de chevaux avant la première explosion de la bombe atomique au Japon, le 6 août 1945. Ces analyses étaient négatives en ce qui concerne le Sr90

Tableau 15

Année	Age du cheval	Sr 90 (unité de Sr)
1) 1953	10 ans 9 mois	0,95
2) 1954	18 ans 9 mois	0,51
3) 1955	20 ans 1 mois	1,4
4) 1956	1 an 6 mois	16,0

Ces mesures ont été faites par l'Institut vétérinaire de la Santé ublique.

Césium 137.

On a mesuré le Cs137 présent dans les vaches, les porcs et le ait. Le tableau suivant montre le résultat de ces analyses. Contrairement au Sr90 qui se dépose en premier lieu dans les tissus durs comme les os et les dents, le Cs137 se dépose surtout dans les issus mous, tels que les muscles et les organes internes. C'est pourquoi nous avons entrepris l'analyse des muscles et d'organes nternes.

Tableau 16

	Lieu	Date de prise des échant.	U.C	$\mu\mu$c/1 kg de viande fraîche
Porc	Kiryu	Mai 1956	36	98
Boeuf	Osaka	Juin 1957		180
Organes int. (vache)	Gumma	1956	44	67
Lait en poudre	Japon	Novembre 1956	88	730/1 kg lait sec
"	"	Février 1957	44	400
"	"	Mai 1957	55	420
"	"	Juin 1957	140	940

XIII. — Contamination radioactive d'animaux d'eau douce

Les tableaux 17 et 18 montrent le degré de cette contamination en même temps que celle de quelques poissons de mer, afin de faire ressortir la différence.

Tableau 17. — *Contamination des animaux d'eau douce en radio strontium au Japon (par comparaison, contamination de quelque animaux de mer).*

		Date d'examen	Lieu de prélèvement de l'échantillon	U.S
Animaux d'eau douce				
Coquillages	Escargot de vase	1956	Shizuoka	1,2
	"	1956	Maebashi	8,6
	"	1956	Maebashi	3,3
	"	1957	Maebashi	3,5
	"	1956	Okayama	7,6
	"	1957	Okayama	6,3
Poissons	Crucian (variété de carpe)	1956	Tokyo	3,2
	"	1956	Kasumigaseki	8,4
	"	1956	Nagano	1,7
	Carpe (entière)	1956	Nagano	2,7
	Eperlan eau douce	1956	Kasumigaseki	11,4
Animaux de mer				
Tape philippinarum (palourde)		1954	Aichi	0,08
Peigne (coquille)		1956	Aichi	0,24
"		1956	Aichi	0,34
Maquereau bâtard		1956	Mer de Chine orientale	0,38

Tableau 18. — *Contamination comparée d'animaux d'eau douce et d'eau de mer en radiocésium au Japon.*

Cs 137 dans les animaux d'eau douce et d'eau de mer

Animal	Lieu	Date de prise du spécimen	U.C	Cs 137 (μμc) 1 kg de chair
D'eau douce				
Escargot de vase (chair)	Okayama	Mai 1957	80	7
"	Maebashi	Mai 1957	20	30
carpe (chair)	Maebashi	Juin 1957	26	17
D'eau de mer				
Seiche (1)	Océan Pacifique	Juin 1957	11	21
Bonite (1)	"	Juin 1957	9	16

(1) Viande seulement pour chaque

Par suite des retombées continuelles de produits de fission, les étangs, les rizières, les lacs et les rivières contiennent différentes substances radioactives artificielles. Les êtres vivant dans ces milieux assimilent directement ces substances par l'intermédiaire de l'eau et par leur nourriture composée de plancton végétal et animal, d'algues et de minuscules êtres vivants. On observe cependant que c'est surtout par les ouïes que les poissons d'eau douce absorbent le Sr90 contenu dans l'eau. D'après les résultats de l'analyse, les coquillages, mollusques et poissons d'eau douce contiennent davantage de Sr90 que ceux de mer. Ceci peut être attribué au fait que la quantité d'eau dans les étendues d'eau douce est beaucoup moins importante que dans les océans et que la concentration du Ca et du Sr naturel non radioactifs dans l'eau douce est faible et contribue très peu à affaiblir l'influence du Sr90 tombant de l'atmosphère.

En général, l'animal d'eau douce contient davantage de Cs137 que les animaux vivant en eau de mer. Ceci peut être attribué à les raisons similaires à celles dont il est fait état ci-dessus au sujet du Sr90.

Annexe A

LES RETOMBÉES DE Sr90 A TOKYO AU PREMIER SEMESTRE 195

Le Département de Géophysique de l'Institut de Recherche Mé téorologique (directeur M. Yasuo Miyake) a annoncé le 19 août 195 que « la quantité de retombées de Sr90 à Tokyo pendant les si premiers mois de 1959 a atteint la moitié de la quantité totale de retombées accumulées jusqu'à la fin de 1958. Il s'agit là du plu grand chiffre obtenu jusqu'à maintenant ».

RETOMBÉES DE Sr90 A TOKYO

(*Millicuries/km²*)

		1959	Janv.	0,7
1954	1,0		Févr.	0,7
1955	0,7		Mars	1,0
1956	3.8		Avr.	1,3
1957	3,5		Mai	1,7
1958	5,3		Juin	1,7
Total	14,3		*Total*	7,1

La quantité totale des retombées jusqu'à la fin de 1958 ayant ét de 14,3 millicuries, le total général pour une durée de cinq ans e demi s'élève à 21,4 millicuries. On voit donc tout de suite par le chiffres ci-dessus que la quantité déposée pendant 6 mois en 195 atteint bien la moitié de l'accumulation totale pendant les 5 année précédentes.

Cette tendance à l'accroissement semble encore se maintenir e selon M. Miyake, la quantité maximum d'accumulation de Sr90 pou dix ans atteindrait 50 millicuries.

A Tokyo, actuellement, la quantité de retombées de Sr90 es vingt fois supérieure à celle de 1954.

25 août 1959 (du quotidien *Asahi*)

Annexe B

L'augmentation de C14 au Japon

Un avertissement provenant du laboratoire du Professeur Kigoshi, de la faculté des sciences de l'Université de Gakushuin, était lancé dans le journal *Tokyo Shimbun* du 2 septembre. On y lisait :

« Au cours des dix ans qui ont suivi la seconde guerre mondiale, on a constaté que le C14 s'est accru d'environ 10 % et ce fait est attribué aux essais d'armes nucléaires. Les choses resteraient-elles en l'état, elles provoqueraient une situation sérieuse sur le plan génétique. »

Au laboratoire du Professeur Kigoshi, on a examiné des échantillons extraits d'un pin âgé de cent ans afin de pouvoir estimer la quantité de carbone 14 dans l'atmosphère au cours des cinquante dernières années. De telles analyses et pour un même objet ont déjà été entreprises en Europe, aux Etats-Unis et en Nouvelle-Zélande mais c'est la première fois qu'on y procède au Japon.

Les échantillons destinés à l'expérience ont été extraits d'un pin abattu en 1957 à Neyagawa (district d'Osaka). Les parties de l'arbre ont été exactement classées, d'après les cercles indiquant l'âge de l'arbre, en cinq groupes d'années consécutives partant de 1956 et remontant à 1903. Des échantillons égaux ont été prélevés sous forme de copeaux dans chacune de ces catégories, puis gazéifiés par chauffage dans le vide; les mesures ont été effectuées au moyen du compteur proportionnel pendant 48 heures.

Le résultat montre que partant de 11,79 coups par minute en 1903, la radioactivité a diminué jusqu'en 1943 (11,19 à la minute), pour croître rapidement à partir de 1946. Les chiffres sont : 1946 : 11,26; 1951 : 11,65; 1956 : 11,96.

La diminution de C14 peut être expliquée en supposant que la quantité de C12 non radioactif évacué dans les fumées a augmenté par suite du développement au Japon après le début du siècle, d'industries utilisant le charbon et le pétrole. Ainsi, le C14, dilué dans ce C12 peut avoir été absorbé en moindre quantité par l'arbre. En supposant que cette diminution ait continué jusqu'en 1956 à la même cadence, le nombre de coups/minute aurait alors dû être de 11,00. La différence avec 11,96, chiffre qui a été réellement relevé

est donc de 0,96 et peut sans aucune exagération être considérée comme représentant l'accroissement de C14 (soit 10 % environ).

Outre le pin, un cèdre du Japon (*cryptomeria*) a également été étudié en ce qui concerne sa teneur en C14. Le résultat montre un accroissement annuel de 0,4 % en moyenne de 1955 à 1958 inclus.

Le C14 est un isotope du C12. Le carbone est le constituant chimique essentiel de l'organisme vivant. Le C14 a tendance à être absorbé en même temps que le C12 et il se dépose dans n'importe quel endroit du corps. Comme il ne se déplace pas facilement, il est plus dangereux que le Sr90 ou le Cs137. Sa vie moyenne est de 5570 ans. Le C14 émet des rayons bêta et inflige des dommages aux cellules ayant du D.N.A. (acide désoxyribonucléique). Il engendre des troubles génétiques et a une influence considérable dans le domaine carcinogénique.

Comme le C14 est produit par le choc d'un neutron contre un atome d'azote N, la raison pour laquelle le C14 a récemment augmenté peut être attribuée à la réaction nucléaire qui se produit dans N et causée par la libération d'un grand nombre de neutrons. Si cec devait continuer, la quantité de C14 doublerait et aurait, sans aucun doute, des effets sérieux sur les générations à venir. Le résultat de cet examen sera rapporté en détail au cours de la réunion de la Chimie Radiologique Japonaise, le 8 octobre 1959.

14 septembre 1959

Annexe C

Nombre de cas de leucémie a Hiroshima

Au cours des treize dernières années (1946-1958 inclus) le nombre de cas de leucémie à Hiroshima s'est élevé à 202. Sur ce nombre, on compte 172 décès. Parmi les 202 cas, 143 personnes se trouvaient sur les lieux de l'explosion dans un rayon de 5 km de l'hypocentre (nombre de décès : 125) et vingt figurent parmi les victimes de l'exposition secondaire.

La proportion de leucémies ayant entraîné la mort parmi les

personnes qui se trouvaient sur les lieux de l'explosion est 6,4 fois supérieure à celle de l'ensemble du pays (1,62). Pour l'ensemble de la ville de Hiroshima, le taux des décès par leucémie est 2,5 fois plus grand que celui de l'ensemble du pays.

On compte 121 cas de leucémies parmi les gens exposés dans un rayon de 2 km de l'hypocentre et le taux annuel est de 30,03 pour 100.000 habitants. Ce taux est 12,2 fois supérieur à celui concernant les gens exposés à plus de 2 km de l'hypocentre, le taux étant pour ces derniers de 2,47.

En ce qui concerne le type de leucémie des 121 exposés dans un rayon de 2 km de l'hypocentre, 60 sont de forme aiguë, 61 de forme subaiguë ou chronique dont 59 à caractère myéloïque et 2 lymphatiques; tandis que parmi ceux qui furent exposés à une distance de 2 à 5 km de l'hypocentre, 14 sont de forme aiguë et 8 de formes diverses.

En 1959, de janvier à juin inclus, quarante personnes à Hiroshima et vingt à Nagasaki sont mortes de blessures provoquées par bombe atomique, selon l'expression consacrée. En avril 1959, neuf sont mortes de leucémie à Hiroshima, 25 de janvier à mars, cinq d'entre elles ayant été soumises à une exposition secondaire.

En août 1959, on comptait au total 66 malades à l'hôpital spécialisé dans les soins aux victimes de la bombe atomique. Jusqu'à présent, vingt-huit malades ont été complètement guéris et soixante-six ont vu leur état amélioré. Ces deux groupes de personnes ont déjà quitté l'hôpital.

Bien qu'il soit possible d'améliorer ou de prolonger le délai d'existence des victimes de la bombe atomique si le diagnostic intervient rapidement et si les soins sont administrés dès le début, la loi actuelle sur le traitement médical ne permet pas dans bien des cas aux victimes de se faire soigner car leurs moyens d'existence ne sont pas assurés.

Cette contradiction a poussé les gens à demander avec force dans le programme du Mouvement pour l'Interdiction de la bombe atomique le remplacement de cette loi par la loi d'aide et de secours.

Les renseignements médicaux et cliniques de cette note d'information sont tirés du rapport du Professeur Watanabe du Département de Pathologie de l'Université d'Hiroshima (Journal japonais d'Hématologie, *Vol. 22, n° 2, 1959*).

5e Partie

EFFETS IMMEDIATS ET A RETARDEMENT DES BOMBES ATOMIQUES DE HIROSHIMA ET NAGASAKI

Le dossier qui forme cette cinquième partie a été constitué pa des professeurs de l'Université d'Hiroshima, d'après les résultat des études effectuées sur les accidents causés par les bombes ato miques à Hiroshima et à Nagasaki, et à la demande du Conseil japo nais contre les bombes A et H. Il comporte trois chapitres [1] :

I. Atteintes physiques;
II. Lésions somatiques;
III. Conditions de vie et problèmes psychologiques des victime de la bombe A.

Les chapitres I et II constituent un résumé des résultats obtenu par les membres du « Groupe de Recherches d'Hiroshima sur le accidents provoqués par la bombe A » et par des médecins habi tant Hiroshima.

Le « Groupe de Recherches... » est composé de physiciens, d chimistes et de médecins de la ville d'Hiroshima. Il a été formé e novembre 1956 et comptait 28 membres en juillet 1959.

Le Groupe de Recherches d'Hiroshima a procédé à des étude scientifiques sur les circonstances réelles des accidents provoqué par les bombes atomiques, et publié en août dernier un ensembl de documents en anglais.

Les auteurs souhaitent que le lecteur se réfère à l'ouvrage *Le effets d'ordre physique et médical de la bombe atomique à Hiroshima* Maruzen Co Ltd, Tokyo, 1958.

Le chapitre III résulte des études de première main faites su les victimes des bombes atomiques à Hiroshima et à Nagasaki par l « Commission d'Etude sur les dégâts causés par la bombe A », a cours du premier semestre de cette année.

La « Commission d'Etude sur les dégâts causés par la bombe A est une organisation formée à titre temporaire, à la demande d Conseil japonais contre les bombes A et H et de la Fédération japo naise des organisations de victimes de la bombe A.

1. Un quatrième chapitre, « Campagne pour le secours et l'assistan aux victimes de la bombe A », n'a malheureusement pas pu trouver e place dans ce cahier (*N.d.l.R.*).

Chapitre I

EFFETS PHYSIQUES

La quantité d'uranium 235 contenue dans la bombe atomique qui explosé à une altitude de 570 mètres au-dessus de la ville d'Hiroima à 8 h 15 le 6 août 1945 était de 1.000 g ou même davantage. a quantité de plutonium 239 dans la bombe atomique qui a explosé une altitude de 490 mètres au-dessus de Nagasaki à 11 h 03 le août s'élevait aussi à environ 1.000 g.

Dans les deux cas, l'explosion a dégagé une chaleur de plusieurs izaines de millions de degrés et entraîné les conséquences suiantes :

°) Les rayons calorifiques ont détruit les immeubles et brûlé les corps humains.

°) Le déplacement d'air a provoqué une violente tempête.

°) La bombe atomique a émis un rayonnement instantané (rayons gamma et neutrons).

Ces dégâts, causés dans la minute qui suivit l'explosion, seront ésignés par la suite sous le nom de « dommages instantanés ».

Il faut rappeler à ce propos qu'il y eut d'autres dommages dus la radioactivité résiduelle qui se manifesta pendant une longue péode après l'explosion.

Il faut aussi tenir compte que les radiations instantanées et les ıdiations résiduelles (rayons gamma, rayons bêta et rayons alpha) mises à partir des substances radioactives restantes ont été à origine de maladies graves telles que la leucémie et le cancer et ontinuent d'en provoquer.

§ 1. Dommages instantanés.

§ 1.1. *Ravages causés par le souffle de l'explosion et par les rayo calorifiques.*

Les ravages causés par le souffle de l'explosion et par les rayo calorifiques ont été approximativement de même importance à Hir shima et à Nagasaki. Les maisons de bois furent entièrement d truites par le souffle dans un rayon de deux kilomètres à partir l'hypocentre, partiellement dans un rayon de 4 km et légèreme dans un rayon de 6 km. La chaleur énorme qui rayonnait brû et détruisit presque toutes les maisons de bois jusqu'à deux kil mètres et produisit des brûlures corporelles jusqu'à 3 km et den Cela en l'absence de barrières de protection, d'abris ou de montagne Ce fut le cas à Hiroshima où les chiffres correspondent à ceux q sont donnés ci-dessus, mais non pas à Nagasaki. Dans cette de nière ville, l'épicentre de l'explosion se situe dans une vallée, pr de la cathédrale catholique Uramaki, et les dégâts ne furent p aussi étendus. C'est pour cette raison que le centre de la ville e demeuré presque intact.

§ 1.2. *Atteintes causées par les radiations instantanées.*

Les atteintes causées par les radiations instantanées provenaie des effets directs et momentanés produits par les rayons gamr et les neutrons. Ce phénomène est particulier aux armes nucléaire Les bombes utilisées à Hiroshima et à Nagasaki n'étant pas même type, les effets produits furent légèrement dissemblables.

Les auteurs du présent document pensent que le recueil *Effets des armes atomiques* (*1*), publié aux Etats-Unis, ne fait p le tour du problème bien qu'il décrive assez longuement les eff physiques des bombes atomiques. En particulier il convient de no que l'on ne connaît pas encore d'une façon certaine toutes les ractéristiques de la bombe à uranium qui a été lancée sur Hiroshin Bien que les chiffres qu'il fournit puissent n'être pas d'une exactitu rigoureuse, le tableau 1 ci-contre apporte néanmoins des donné très proches des chiffres réels.

Comme le montre ce tableau, les rayons gamma et les neutro ont des effets mortels instantanés jusqu'à un kilomètre de l'hy centre et causent des lésions graves jusqu'à deux kilomètres.

Tableau 1. — *Quantité de radiations instantanées auxquelles les personnes furent exposées en plein air* [a].

Distance de l'hypocentre en kilomètres	Effets des rayons gamma en roentgen		Effets des neutrons en roentgen	
	Hiroshima	Nagasaki	Hiroshima	Nagasaki
0	18.000	29.000	33.700	5.000
0,5	4.500	6.600	5.700	870
1,0	630	800	360	56
1,5	89	120	24	4
2,0	12	17	2	0,2

a. Sur le plan de l'exactitude scientifique, l'unité de quantité de radiation devrait être le rep ou le rad Toutefois, afin de faciliter la compréhension, on a employé le roentgen dans ce tableau pour les deux cas.

Les chiffres du tableau 1 concernent les personnes qui se trouvaient en plein air. Les personnes qui se trouvaient à l'intérieur des maisons furent exposées à une quantité moindre de radiations car elles étaient plus ou moins abritées. L'efficacité d'une telle protection fut très variable selon les conditions particulières dans lesquelles se trouvait chaque personne et ne peut être décrite de façon simple. L'étude théorique des auteurs et les données expérimentales (*2*) publiées aux Etats-Unis en automne dernier conduisent cependant à évaluer les coefficients de protection comme il est indiqué dans le tableau 2.

Si l'on tient compte des conditions de protection, les personnes qui se trouvaient à l'intérieur de maisons japonaises furent soumises à un danger mortel dans un rayon de 500 m autour de l'hypocentre et elles eurent à souffrir de graves atteintes dans un rayon d'un kilomètre et demi.

Tableau 2. — *Coefficients de protection des immeubles* a.

	Maisons japonaises	Immeubles en béton armé
Rayons gamma	0,7	0,1
Neutrons	0,4	0,05

a. La quantité de radiation à laquelle les personnes se trouvant da
les maisons furent soumises peut être obtenue en multipliant les chiffr
du tableau 2 par ceux du tableau 1. Mais ceux-ci représentent u
moyenne, les chiffres réels pouvant être supérieurs ou inférieurs sel
les cas.

§ 2. Atteintes causées par la radioactivité résiduelle.

Les atteintes causées par la radioactivité résiduelle sont celles q
se manifestèrent en second lieu, quelques temps après l'explosi
en raison de la radioactivité du sol et des immeubles induite par l
neutrons et les produits de fission radioactifs d'uranium 235 (Hir
shima) ou de plutonium 239 (Nagasaki), autrement dit par les r
tombées.

L'on était alors convenu que les effets nocifs de la radioactiv
résiduelle devraient être considérées comme négligeables ; ils n'avaie
jamais faits l'objet d'estimation et d'études sérieuses, même de
part des spécialistes. Cependant, il ne fait aucun doute que ce
taines des personnes qui sont entrées dans la ville après l'explosi
de la bombe atomique ont contracté des maladies ; elles en so
parfois mortes, certaines sont encore vivantes mais avec des affe
tions qui les situent incontestablement parmi les victimes du bomb
dement atomique. Il n'est pas douteux que les personnes qui so
entrées dans la ville, même quelques jours ou quelques semain
après l'explosion, ont pu subir les effets de la radiation.

On trouvera ci-dessous une description des aspects physiqu
de ces accidents, d'abord ceux qui résultent des produits de fissio
puis ceux qui proviennent de la radioactivité induite par les neutron

§ 2.1. *Atteintes causées par les produits de fission radioactifs.*

Il est extrêmement difficile de dresser un état de ces effets par les voies purement théoriques. En conséquence, les auteurs ont effectué une évaluation approximative sur la base des mesures d'intensité de la radioactivité résiduelle en différents points de Nagasaki et d'Hiroshima, plusieurs semaines après les explosions de la bombe A. Ces mesures sont contenues dans le *Recueil des Rapports sur les accidents causés par la bombe A* (*3*). Les auteurs ont également eu recours à des considérations théoriques.

En ce qui concerne Hiroshima, les produits de fission étaient accumulés en quantité considérable dans un rayon de six kilomètres à partir de l'hypocentre; et comme de très fortes averses sont tombées sur le nord-ouest de la ville pendant les deux heures qui suivirent l'explosion, l'accumulation de produits de fission sur cette partie de la ville fut deux fois plus élevée que dans les autres quartiers.

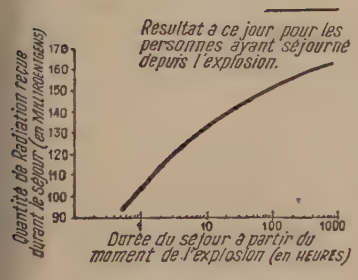


Figure 1. — *Relation entre la durée de séjour et la radiation résiduelle reçue (dans la partie d'Hiroshima où il n'a pas plu).*

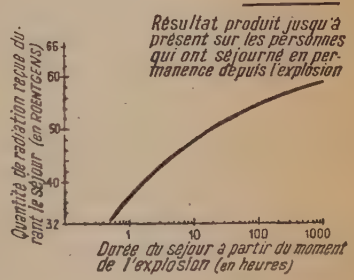


Figure 2. — *Relation entre la durée de séjour et la radiation résiduelle reçue (zone du réservoir de Nishiyama à Nagasaki).*

Au sujet de la quantité d'irradiation exosomatique provenant de la radioactivité des produits de fission, la relation entre la durée du séjour à Hiroshima et la quantité de radiation externe reçue, dans les quartiers de la ville où il n'a pas plu, peut être observée sur la figure 1. La relation entre la durée du séjour et la quantité de radiation externe reçue, dans la partie de la ville où il a plu, peut être obtenue en doublant le nombre figurant sur l'axe des ordonnées de la figure 1.

Comme on le voit, les effets de l'irradiation externe provenan des produits de fission furent de peu d'importance à Hiroshima.

A Nagasaki, il en alla quelque peu différemment. Comme le ven soufflait à la vitesse de trois mètres/seconde, une importante quan tité de produits de fission se déposa au voisinage du réservoir d Nishiyama. La zone intéressée occupait une grande surface d 10 km^2, située à une distance de l'hypocentre allant d'un kilomètr et demi à sept kilomètres. Le 2 octobre 1945, en cet endroit, l radioactivité était en plusieurs points 260 fois supérieure à la radio activité naturelle. L'intensité moyenne de la radioactivité mesuré en cinquante points différents était 74 fois plus forte que la radio activité naturelle.

Une étude théorique effectuée sur la base de ces mesures montr le rapport existant entre la quantité de radiations externes reçue et la durée de séjour dans cette zone, comme le montre la figure 2

La courbe montre qu'une personne pénétrant dans la région in téressée un mois après l'explosion et y faisant un long séjour s trouvait exposée à une radiation externe de l'ordre de 10 roentgen en moyenne. Il faut noter que le tableau n'indique que la moyenn des quantités de radiations. De ce fait, la personne en question, se lon l'endroit exacte où elle se trouvait dans cette zone, pouvait êtr exposée à une quantité de radiations supérieure ou inférieure à l moyenne.

Mis à part les environs du réservoir de Nishiyama, on considèr que l'accumulation des produits de fission dans la ville est asse faible. On suppose qu'elle atteint à peu près le même niveau qu dans les quartiers d'Hiroshima où il n'avait pas plu.

§ 2.2. *Atteintes consécutives à la radioactivité induite par les neu trons.*

Les neutrons libérés induisent de la radioactivité dans le sol e les immeubles. Les effets de cette radioactivité induite ont été dé terminés en rassemblant d'abord les renseignements recueillis aprè l'examen de certaines parties du sol et des immeubles puis en s livrant, d'après ces données, à des calculs compliqués.

Les quantités de radiations externes dues à la radioactivité in duite dans le sol par les neutrons ont été calculées. Dans le ca d'Hiroshima, les chiffres sont environ dix fois plus importants qu dans celui de Nagasaki. En effet, le nombre de neutrons émis ins

antanément est beaucoup plus important dans la première ville que ans la seconde. Du fait de la radioactivté induite dans les matériaux e construction, il n'est pas impossible que la quantité de radiations eçue soit en réalité jusqu'à des vingtaines de fois supérieure aux hiffres mesurés. Schématiquement, on peut résumer comme suit es effets radioactifs de la radiation externe due à la radioactivité nduite par les neutrons :

A Hiroshima comme à Nagasaki ils furent particulièrement importants pendant la semaine qui suivit l'explosion. Leur intensité variait avec la distance de l'hypocentre. Ils furent particulièrement intenses dans un rayon de deux kilomètres de l'hypocentre à Hiroshima et de un kilomètre et demi à Nagasaki.

§ 2.3. *Autres effets résiduels.*

Tout ce que nous avons traité jusqu'à présent ne concerne que les dommages provoqués par la radiation externe.

Cependant, il est certain que des produits de fission et des substances rendues radiocatives par induction ont volé dans les airs et ont été inhalées dans des corps humains. Il n'est pas aisé d'en faire une estimation car cela dépend de la quantité de poussière en suspension. Mais il est possible de faire une approximation. Plus grande est la quantité de radiations externes à laquelle une personne a été exposée, plus forte est la dose de radioactivité inhalée. Cependant, si le calcul prend pour base la quantité de poussière en suspension par temps à peu près calme, l'inhalation n'est pas considérée comme étant d'une telle ampleur. On doit remarquer toutefois que les personnes qui étaient occupées à des travaux de bâtiment ou de terrassement aussitôt après l'explosion ainsi que celles qui se trouvaient dans une atmosphère extrêmement poussiéreuse ont inhalé une très grande quantité de poussière radioactive et doivent, en conséquence, être l'objet d'une surveillance spécialement attentive. A Nagasaki particulièrement, nombre d'habitants ont pu absorber du plutonium 239 émettant des rayons alpha. Ces personnes furent plus gravement atteintes que les victimes d'Hiroshima.

Les auteurs ajouteront que de la radioactivité induite par les neutrons dans les atomes de l'air a certainement été absorbée par les êtres vivants, avec les conséquences qui s'ensuivent.

Ce qui précède rend clair que l'aspect le plus remarquable des effets nocifs de la bombe atomique — outre son pouvoir de destruc-

tion instantanée par le souffle de l'explosion et les rayons calo rifiques, qui est grand en vérité — est qu'elle provoque d'autre atteintes par radioactivité non seulement au moment de l'explosio mais encore longtemps après par effet résiduel. Par conséquent, o ne pouvait juger de l'importance de ses méfaits uniquement e raison du décompte de ses victimes aussitôt après le bombardemen On ne doit pas oublier que des personnes peuvent avoir été forte ment affectées par la radioactivité résiduelle même si elles sont arr vées dans la ville quelques temps après le 6 ou le 9 août.

On verra que l'essentiel est de connaître la quantité de radia tion à laquelle chaque victime fut exposée, en tenant compte de tou les facteurs, et que c'est cette quantité de radiation qui doit serv de base pour étudier le problème des atteintes. (Cette quantité d radioactivité constitue la clé des problèmes posés par les lésion somatiques traités dans le chapitre II.) Les études des auteurs o révélé qu'il est possible de connaître la quantité de radioactivité laquelle chaque victime a été exposée, bien qu'il y ait encore que ques facteurs inconnus. Du début de 1957 jusqu'à juin 1958, Groupe de Recherches d'Hiroshima sur les accidents provoqués pa la bombe A a étudié les conditions générales et l'évolution des ma ladies présentées par les victimes après le lancement des bombe En collaboration avec d'autres savants et sur la base des travaux d Groupe, Naomi Shohno procède actuellement à l'estimation de quantité de radiation reçue par chaque victime. Bien que cette équip de travail ne soit pas encore à même de publier le résultat compl de ses observations, elle a constaté qu'un nombre considérable c victimes avaient été soumises à une grande quantité de radiation

Références

1. *The Effects of Atomic Weapons*. Ouvrage préparé en coopér tion avec le Département de la Défense des Etats-Unis et la Co mission de l'Energie Atomique des Etats-Unis, sous la direction Laboratoire Scientifique de Los Alamos.

2. Au cours de l'automne dernier, il a été procédé aux Etat Unis à certaines expériences dans le but d'obtenir des informatio sur les effets protecteurs des bâtiments.

Dans un endroit désertique un certain nombre de maisons jap naises ont été édifiées; puis, l'on fit exploser une bombe atomiq du haut d'une tour élevée. On mesura ensuite la quantité de r

diations à l'intérieur des maisons. Les auteurs de cet ouvrage tiennent à remercier la « Commission sur les accidents causés par la bombe A » qui a bien voulu leur transmettre les données ainsi obtenues.

3. Arakatsu B. et collab. : *Recueil des Rapports sur les accidents causés par la bombe A,* vol. 1 (en japonais) élaboré par l'Association japonaise pour l'avancement des sciences, 1953 (désigné dorénavant par l'abréviation *Recueil*), p. 11. Yamasaki F. : *Recueil* p. 38; Kimura K. : *Recueil,* p. 40; Shinoara K. *Recueil,* pp. 41 et 45; Fujihara T. : *Recueil,* p. 75.

Ce chapitre a été tiré par les physiciens du groupe de Recherches d'Hiroshima sur les accidents provoqués par la bombe A, du Journal de l'Association médicale du Japon, *vol. 39, 1958, n°s 10 et 12, avec quelques compléments et corrections de N. Shohno.*

Chapitre II

LESIONS SOMATIQUES

§ 1. Quelques statistiques importantes concernant les maladies chroniques causées par la bombe.

Pour apprécier convenablement les statistiques et les autres renseignements ayant trait aux maladies atomiques, il est essentiel de bien connaître ces affections.

Si l'on se place sur le plan scientifique, il est impossible de ne pas supposer que l'état morbide des victimes de la bombe A est dû pour une plus ou moins grande part aux conséquences de l'exposition. Ainsi, il n'est pas juste de considérer comme la preuve certaine que la leucémie résulte de l'exposition à la radioactivité de la bombe le seul fait que la proportion de leucémiques parmi les personnes exposées est supérieure à ce qu'elle est pour les personnes non exposées. En fait, le rapport de cause à effet est déjà établi et rien n'est venu contredire la relation existant entre l'exposition à la bombe A et les leucémies frappant les victimes de cette exposition.

Sous cet angle, tous les troubles présentés par les victimes peuvent être qualifiés, sur le plan pathogénique, de maladies de la bombe A.

Nous devons nous montrer attentifs à éliminer de ces maladies celles qui ne peuvent être imputées aux conséquences des explosions, mais aussi préciser celles qui sont dues à l'exposition aux radiations au moment de l'explosion de la bombe et celles qui sont dues à une exposition secondaire. On parle de maladies de la bombe A en ayant surtout dans l'idée qu'elles proviennent de l'exposition directe. Il faut se garder du dogmatisme à ce sujet et rejeter l'idée que seuls les cas où le rapport de cause à effet est démontré peuvent être qualifiés de maladies de la bombe. Il est bien connu que l'un des caractères distinctifs des lésions causées par les radiations est que la radioactivité n'a pas simplement un effet temporaire mais qu'elle atteint directement le noyau des cellules, produisant ainsi des effets résiduels à long terme. Cet aspect essentiel ne doit jamais être perdu de vue quand on interprète les chiffres des statistiques.

Par exemple, quand on se livre à une comparaison entre un groupe de victimes de la bombe A et un groupe-témoin de gens n'y ayant pas été exposés, on présuppose qu'il existe entre eux une différence fondamentale. Tous les effets produits par la radioactivité sont nocifs, cela va sans dire. Si l'on étudie des groupes de personnes non exposées, c'est pour faire ressortir par voie de contraste ces effets nocifs et découvrir leurs caractéristiques.

Si l'on néglige entièrement cette hypothèse, on parvient à la conclusion absurde que l'exposition à une explosion atomique ne laisse aucune trace, car on perd pour ainsi dire de vue les différences existant entre les deux groupes. Les chiffres figurant dans les statistiques suivantes doivent donc être appréciés en fonction de ces remarques.

§ 1.1. *Etude sur les décès survenus parmi les victimes de la bombe atomique à Hiroshima entre janvier 1951 et août 1955.* (Tableau 3, dressé par Sekio Nishida) (*1*).

Ce tableau indique de quelles maladies sont mortes les victimes de la bombe A. Il faut noter en particulier la grande fréquence des tumeurs malignes, des lésions des vaisseaux sanguins du système nerveux central, de la sénilité, des maladies du système circulatoire, de l'asthme et des affections rénales.

En ce qui concerne l'asthme, peut-être s'agit-il d'asthme cardiaque, bien que Nishida ne l'indique pas.

Tableau 3. — *Répartition des principales causes de décès des victimes de la bombe A.*

Année	Total des décès		Néoplasmes	Lésions vas. sang. du syst. nerv. centr.	Tuberculose	Sénilité	Maladies du syst. circul.	Asthme	Maladies des reins	Cirrhose du foie	Maladies du foie	Bronchites	Ulcères gastr. et duodénale	Maladies org. secret. int. diabète, etc.
1951	841 (1.545)	Nombre de décès	147 (106)	128 (106)	124 (209)	90 (62)	67 (44)	25 (9)	48 (43)	11 (10)	12 (14)	8 (21)	30 (42)	5 (6)
		%	17,5 (6,9)	15,2 (6,9)	14,7 (13,5)	10,7 (4,0)	8,0 (2,8)	3,0 (0,6)	5,7 (2,8)	1,3 (0,6)	1,4 (0,9)	1,0 (1,4)	3,6 (2,7)	0,6 (0,4)
1953	730 (1.569)	Nombre de décès	140 (159)	128 (133)	55 (165)	100 (62)	71 (81)	30 (11)	24 (31)	13 (23)	11 (7)	12 (19)	22 (26)	6 (10)
		%	19,2 (10,1)	17,5 (8,5)	7,5 (10,5)	13,7 (4,0)	9,7 (5,2)	4,1 (0,7)	3,3 (2,0)	1,8 (1,5)	1,5 (0,4)	1,6 (1,2)	3,0 (1,7)	0,8 (0,6)
Jusqu'à Août 1955	541 (1.018)	Nombre de décès	92 (145)	97 (90)	42 (84)	70 (50)	63 (58)	21 (7)	11 (28)	6 (9)	9 (14)	7 (8)	13 (1)	7 (7)
		%	17,0 (14,2)	17,9 (8,8)	7,8 (8,3)	12,9 (4,9)	11,6 (5,7)	3,9 (0,7)	2,0 (2,8)	1,1 (0,9)	1,7 (1,4)	1,3 (0,8)	2,4 (0,1)	1,3 (0,7)
Total de 1951 jusqu'à août 1955	3.732 (7.035)	Nombre de décès	679 (760)	648 (570)	363 (761)	465 (285)	349 (326)	130 (44)	156 (196)	48 (77)	62 (65)	49 (66)	114 (125)	30 (34)
		%	18,2 (10,8)	17,4 (8,1)	9,7 (10,8)	12,5 (4,1)	9,4 (4,6)	3,5 (0,6)	4,2 (2,8)	1,3 (1,1)	1,7 (0,9)	1,3 (0,9)	3,1 (1,8)	0,8 (0,5)

Les nombres entre parenthèses concernent les décès des personnes n'ayant pas été exposées aux radiations.

§ 1.2. *Malades agréés et soignés entre le 1er avril 1957 et le 31 mars 1959 en vertu des dispositions de la Loi sur le traitement des maladies atomiques.* (Tableau 4, élaboré par la Division des maladies atomiques de la Municipalité d'Hiroshima.)

Tableau 4

	Nombre de cas			%
	Hommes	Femmes	Total	
Maladies internes				
Leucémie	8	12	20	1,5
Anémie	129	589	718	54,6
Leucopénie	53	99	152	11,6
Leucocytose	1	0	1	0,1
Purpura	2	14	16	1,2
Maladies de foie	45	27	72	5,5
Syndromes épithéliomateux	4	9	13	1,0
Goîtres	1	5	6	0,5
Divers	28	54	82	6,2
Maladies à caractère chirurgical (surtout brûlures et cheloïdes)	79	118	197	15,0
Affections des yeux (surtout cataracte et dessèchement)	22	20	42	3,2
Total général	368	947	1.315	100,0

Il est surprenant de constater le petit nombre de cas reconnus. Ce fait doit être attribué aux conditions d'applications de la Loi sur le traitement des maladies atomiques, déraisonnablement limitatives. Ce tableau fournit cependant des indications intéressantes sur les maladies atomiques les plus importantes traitées comme telles.

§ 1.3. *Tumeurs malignes.*

Comme le montre l'étude de Nishida, les tumeurs malignes constituent une cause fréquente de décès pour les victimes de la bombe A. Et parmi ces tumeurs, celle qui a, dès le début, attiré l'attention est la leucémie.

Ce qui a toujours été objet de controverse dans les multiples rapports jusqu'à présent établis sur ces cas, c'est le nombre total de victimes de la bombe A. La raison fondamentale de cet état de fait doit être recherchée dans la situation politique créée du fait de l'occupation des puissances alliées. La véritable solution de ce problème réside dans l'organisation rationnelle du contrôle médical de toutes les victimes de la bombe A, ce qui devrait être affaire de gouvernement. L'auteur utilise les chiffres des statistiques communiquées jusqu'à ce jour pour représenter le nombre total des victimes de la bombe A.

§ 1.3.1. *Taux de leucémies déclarées et de décès du fait de cette maladie entre 1946 et 1957.* (Figures 3, 4, 5 et 6, élaborées par Yukio Fujimoto) (2).

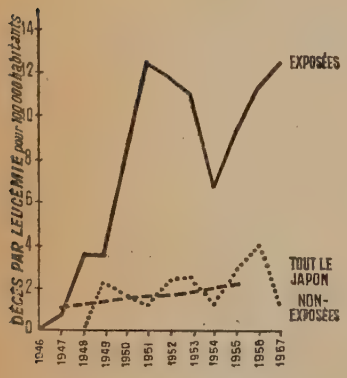


Figure 3. — *Taux annuel de décès par leucémie concernant :*

a. *les personnes ayant été exposées aux radiations dans le district d'Hiroshima,*

b. *les personnes non exposées à Hiroshima-ville,*

c. *l'ensemble du Japon.*

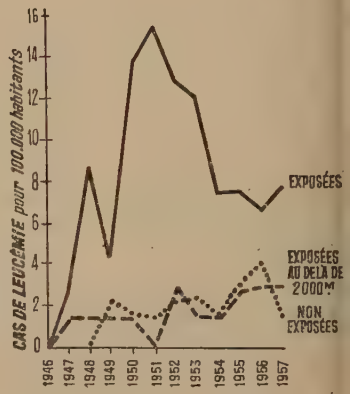


Figure 4. — *Leucémie s déclarant annuellement par mi :*

a. *les personnes ayant ét exposées aux radiation dans le district d'Hiroshim*

b. *les personnes non ex posées à Hiroshima-ville,*

c. *les personnes exposée à plus de 2 km de l'hypo centre.*

Les données statistiques portées sur les diagrammes sont moin élevées que celles qu'indiquent les rapports traditionnels, notammen l'ouvrage de Susumu Watanabe. Ceci est dû au fait que Fujimot

écarté tous les cas douteux. L'auteur a apporté lui-même une ttention toute spéciale au nombre de victimes classées d'après es distances auxquelles elles se trouvaient de l'hypocentre.

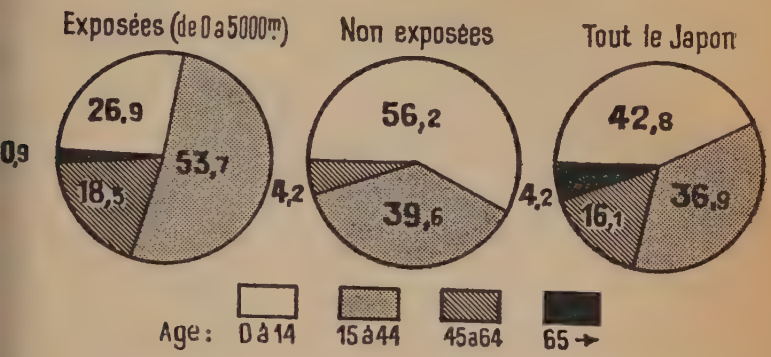


Figure 5. — *Répartition par âges des personnes atteintes de leucémie :*
a. *parmi celles qui ont été exposées aux radiations dans le district d'Hiroshima,*
b. *parmi celles d'Hiroshima-ville qui n'ont pas été exposées,*
c. *pour l'ensemble du Japon.*

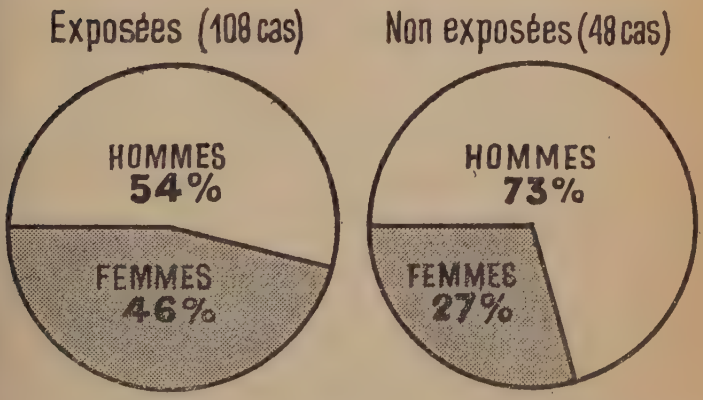


Figure 6. — *Répartition par sexes des personnes atteintes de leucémie :*
a. *parmi celles qui ont été exposées aux radiations dans le district d'Hiroshima,*
b. *parmi celles d'Hiroshima-ville qui n'ont pas été exposées.*

Ce qui saute aux yeux dans ces diagrammes, c'est que le cas de leucémie sont particulièrement fréquents dans un rayon d 2 km à partir de l'hypocentre; qu'il y a peu de différence entre le sexes; que les adolescents et les personnes d'âge moyen sont plu vulnérables. Tout cela montre à l'évidence que les radiations de l bombe A sont un facteur très important de leucémogenèse.

§ 1.3.2. *Taux de tumeurs malignes déclarées entre le 1er mai 195 et le 31 décembre 1958.* (Tableaux 5 et 6, élaborés par le Comit de Statistique des Spécialistes du Cancer (Hiroshima) (*3*).

Tableau 5. — *Néoplasmes malins*
(*Taux corrigé pour 100.000 habitants*).

Distance de l'hypocentre	500 à 999	1000 à 1499	1500 à 1999	2000 à 2499	Non exposés
A/ Population	1.014	8.688	15.318	13.915	202.727
Nombre de cas	16	71	91	68	64
Taux	1.287,0	524,3	382,6	297,3	280,4
B/ Population	912	7.818	12.385	11.465	
Nombre de cas	11	45	59	50	
Taux	863,5	336,4	274,0	256,0	280,4
C/ Population	1.504	10.783	18.278	16.425	
Nombre de cas	19	77	102	78	
Taux	1.052,3	514,0	403,0	346,3	280,4

A. Population : Evaluation de la population exposée sur la bas de 1957.
B. Population : Population fixe déterminée par l'Institut Nationa de Santé et l'A.B.C.C. en vue de rechercher l'espérance de vi des personnes exposées.
C. Population : Nombre de personnes exposées enregistrées a Département Statistique de l'A.B.C.C.

Tableau 6. — *Nombre de cas examinés et de cas possibles de néoplasmes malins parmi les survivants ayant été exposés dans un rayon de 1.500 m autour de l'hypocentre.*

Principaux types de néoplasmes malins	Nombre de cas examinés	Cas possibles	Rapport: A / B	Coefficient de Poisson
	A	B		
Cancers de l'estomac	24	12,41	1,93	0,002
Cancers du poumon	10	2,32	4,31	0,0001
Cancers du sein	5	2,49	2,00	0,108 N.S.
Cancers du col de l'utérus	8	3,67	2,18	0,030
Cancers des ovaires	4	1,01	3,96	0,018

Remarque : Les cas possibles sont calculés en multipliant le taux des tumeurs malignes suivant le sexe et l'âge par la population exposée dans un rayon de 1.500 mètres suivant le sexe et l'âge.

A part la fréquence, à laquelle il fallait s'attendre, des cancers du poumon, ces tableaux révèlent une fréquence deux à quatre fois plus grande des tumeurs dans les organes génitaux de la femme telles le cancer des ovaires, le cancer du col de l'utérus ou le cancer du sein. Les tableaux montrent également que des tumeurs comme les cancers de l'estomac, auxquels les Japonais sont particulièrement sujets, sont deux fois plus fréquents parmi les personnes exposées, ce qui prouve d'ailleurs que les radiations occasionnent des tumeurs autres que les tumeurs particulièrement malignes comme le lymphosarcome leucémique, le cancer du poumon ou le cancer de la peau.

§ 1.4. *Anémies, leucopénies, tendances hémorragiques.* (Tableaux 7, 8, 9, 10, 11, dressés par Yoshio Kono) (*4*).

Les résultats obtenus par Kono montrent qu'un nombre relativement important de personnes apparemment en bonne santé ont moins de 3.500.000 érythrocytes et un taux d'hémoglobine supérieur à 100. Cela prouve suffisamment l'existence d'anémies dues

aux radiations. En outre, chez bon nombre de personnes on compte moins de 100.000 thrombocytes ou moins de 5.000 leucocytes.

Tableau 7. — *Numération des érythrocytes chez les personnes ayant subi l'irradiation.*

Distance / Nombre (milliers)	Jusqu'à 1 km		De 1 à 2 km		De 2 à 3 km		Total		Témoins	
		%		%		%		%		%
350 à 500	133	82,6	894	84,7	377	65,9	1404	78,5	322	88,5
moins de 350	16	9,9	125	11,8	178	31,1	319	17,8	4	1,1
plus de 500	12	7,5	37	3,5	17	3,0	66	3,7	38	10,4
Total	161	100,0	1056	100,0	572	100,0	1789	100,0	364	100,0

N.B. Dans la 1re colonne, lire « millions » et non « milliers ».

Tableau 8. — *Taux d'hémoglobine.*

Distance / Valeur	Jusqu'à 1 km		De 1 à 2 km		De 2 à 3 km		Total		Témoins	
		%		%		%		%		%
70 à 100	133	82,6	846	80,1	476	83,2	1455	81,3	287	89,1
moins de 70	13	8,1	92	8,7	51	8,9	156	8,7	17	5,3
plus de 100	15	9,3	118	11,2	45	7,9	178	10,0	18	5,6
Total	161	100,0	1056	100,0	572	100,0	1789	100,0	322	100,0

Tableau 9. — *Index chromatologique.*

Index \ Distance	Jusqu'à 1 km		De 1 à 2 km		De 2 à 3 km		Total		Témoins	
		%		%		%		%		%
0,8 à 1,2	140	86,9	945	91,0	502	89,3	1587	90,1	301	93,5
moins de 0,8	4	2,5	2	0,2	2	0,4	8	0,5	18	5,6
plus de 1,2	17	10,6	91	8,8	58	10,3	166	9,4	3	0,9
Total	161	100,0	1038	100,0	562	100,0	1761	100,0	322	100,0

Tableau 10. — *Numération des thrombocytes.*

Nombre milliers \ Distance	Jusqu'à 1 km		De 1 à 2 km		De 2 à 3 km		Total		Témoins	
		%		%		%		%		%
100 à 250	62	81,6	324	79,0	118	76,6	504	78,8	247	81,0
moins de 100	9	11,8	49	12,0	19	12,4	77	12,0	0	0
plus de 250	5	6,6	37	9,0	17	11,0	59	9,2	58	19,0
Total	76	100,0	410	100,0	154	100,0	640	100,0	305	100,0

Tableau 11. — *Numération des leucocytes.*

Distance / Nombre	Jusqu'à 1 km		De 1 à 2 2 km		De 2 à 3 km		Total		Témoins	
		%		%		%		%		%
5.000 à 9.000	100	68,3	736	69,7	394	68,9	1240	69,3	233	73,7
moins de 5.000	20	12,4	171	16,2	87	15,2	278	15,5	27	8,5
plus de 9.000	31	19,3	149	14,1	91	15,9	271	15,2	57	17,8
Total	161	100,0	1056	100,0	572	100,0	1789	100,0	319	100,0

Remarques : 1. On n'a pas tenu compte dans ces tableaux de ceux des survivants exposés aux radiations dans un rayon de moins de 3 kilomètres et qui souffraient antérieurement de maladies pouvant influer sur la qualité du sang.

2. Les chiffres figurant dans la colonne « témoin » se rapportent à la population qui s'est installée à Hiroshima après 1946.

§ 1.5. *Maladies de foie.* (Tableaux 12, 13 et 14, dressés par Jiro Uraki et ses collaborateurs) (*5*).

Tableau 12

	Cas examinés		Maladies de foie		Pourcentage	
	Kure	Ohtake	Kure	Ohtake	Kure	Ohtake
	296	74	106	25	35,9	33,7
Exposés	370		131		35,4	
Témoins	84		27		32,1	

Remarques : 1. Le nombre de personnes exposées est celui des sujets rassemblés aux fins d'examen.

2. Le chiffre « témoin » est celui des personnes choisies au hasard parmi les consultants de l'hôpital de l'Ecole de médecine.

Tableau 13

Nombre de leucocytes	Exposés			Témoins		
	Nombre d'examens	Cas reconnus	%	Nombre d'examens	Cas reconnus	%
2.000 à 3.000	3	1	33,3	0	0	0
3.000 à 4.000	21	8	38,0	3	0	0
4.000 à 5.000	51	17	33,3	19	8	42,1
5.000 à 6.000	95	35	36,4	24	8	33,3
6.000 à 7.000	71	25	35,2	10	2	20,0
7.000 à 8.000	44	16	36,2	10	1	10,0
8.000 à 9.000	33	10	30,3	4	1	25,0
9.000 à 10.000	25	11	44,0	10	5	50,0
10.000 à 11.000	11	2	18,7	3	1	33,0
11.000 à 12.000	6	2	33,0	0	0	0
12.000 à 13.000	3	0	0	0	0	0

Tableau 14

Nombre d'érythrocytes (millions)	Exposés			Témoins		
	Nombre d'examens	Cas reconnus	%	Nombre d'examens	Cas reconnus	%
- de 350	23	7	30,4	18	6	35,3
350 à 400	77	27	35,0	19	6	31,5
400 à 450	107	35	32,7	17	6	35,5
450 à 500	97	33	34,0	18	7	38,5
500 à 550	52	23	41,9	10	2	20,0
550 à 600	9	4	44,4	2	0	0
600 à 650	4	2	50,0	0	0	0

Bien qu'un nombre relativement important de personnes ayant été soumises aux effets de la bombe souffrent d'un mauvais fonctionnement du foie et qu'il y ait un grand nombre de cas reconnus, les recherches sur le fonctionnement du foie des victimes sont peu nombreuses.

Cependant, non seulement les affections du foie sont plus fréquentes chez les victimes de la bombe A, mais encore il y en a un grand nombre de cas même parmi les personnes ayant une quantité normale de leucocytes et d'érythrocytes, ce qui constitue un évident contraste avec les personnes non exposées.

§ 1.6. *Les syndromes asthéniques de la bombe atomique.* (Tableau 15, dressé par Toyomi Okada et Michio Hirofuji) (*6*).

Il n'existe pas de données statistiques sur la morbidité du syndrome asthénique dû à la bombe atomique. Ce genre d'affection est caractérisé par la présence fréquente de symptômes subjectifs, en l'absence de symptômes objectifs. Le tableau 15 énumère les symptômes dont se plaignent les malades.

§ 1.7. *Chéloïdes dus aux effets de la bombe atomique* (par Tomin Harada) (*7*).

Selon Kan Hadano et ses collaborateurs, 99 % des personnes ayant souffert de brûlures ont conservé des tissus cicatriciels; et des chéloïdes d'origine atomique se sont développés chez 60 à 70 % d'entre elles. Harada déclare, de son côté, que 22 seulement (soit 6,3 %) des 345 cicatrices examinées sur 224 personnes dans les dix ans qui suivirent l'explosion de la bombe présentent le caractère de chéloïdes.

§ 1.8. *Cataractes dues aux effets de la bombe A* (par Yoshiya Masuda) (*8*).

Selon Kin'nosuke Hirose, parmi 436 personnes ayant été exposées à Nagasaki à moins de 4 km de l'hypocentre, 40 % sont atteintes de cataractes; parmi 385 personnes qui se trouvaient dans

Tableau 15. — *Principaux symptômes dont se plaignent les victimes.*

Symptômes	Nombre	%
Propension à la fatigue	316	77,0
Fatigue générale	267	65,2
Vertiges	196	47,5
Palpitations	141	34,4
Lourdeurs dans la tête	137	33,4
Insomnies	137	33,4
Migraines	132	32,2
Vue faible	115	28,1
Constipation	109	26,6
Poussées de sang à la tête	75	18,3
Diarrhée	48	11,7
Inappétence	47	11,5
Toux	46	11,2
Expectorations	43	10,5
Perte de poids	36	8,8
Fièvre légère	26	6,5
Raideurs dans les épaules	20	4,9
Engourdissement des pieds et des mains	13	3,2
Douleurs thoraciques	12	2,9
Impuissance sexuelle	6	1,5
Nausées	6	1,5
Troubles menstruels	5	1,2
Transpirations nocturnes	5	1,2
Divers	26	6,5

Remarque : Les personnes consultées se répartissaient ainsi en fonction de leur distance de l'hypocentre : dans un rayon de 1 km : 58; de 1 à 2 km : 254; de 2 à 3 km : 57; de 3 à 4 km : 35; au delà de 4 km : 6.

un rayon de 2 km, 44,6 % souffrent du même mal ainsi que 88,6 % des victimes qui ont perdu tous leurs cheveux. L'étude effectuée par Yoshiya Masuda à Hiroshima de juin 1953 à février 1955 montre que 101 personnes sur 208 (48,5 %) dans un rayon de 2 km, 32 sur 151 (21,1 %) de 2 à 3 km et 5 sur 32 (15,6 %) de 3 à 4 km, souffrent de cataractes.

§ 2. Altérations provoquées par la radioactivité dans l'organisme des victimes de la bombe A.

On a vu dans le chapitre I du présent ouvrage que les maladies de la bombe A résultent du souffle, des rayons calorifiques et de la radioactivité. C'est la radiation qui leur confère leur caractère le plus durable.

En plus de l'irradiation externe provenant de l'explosion de la bombe et de la radioactivité résiduelle, il faut tenir le plus grand compte de l'irradiation interne directement induite dans le corps humain par les neutrons et les résidus radioactifs absorbés avec les poussières et les aliments.

Si l'effet de l'irradiation externe est habituellement temporaire, il n'en va de même pour l'irradiation interne, cette dernière agissant beaucoup plus longtemps et d'une façon bien plus complexe.

Bien qu'il soit particulièrement important pour nous de connaître la quantité totale de radioactivité à l'intérieur du corps humain et de savoir pendant combien de temps elle reste anormale, il n'est pas facile d'en mesurer avec précision les variations en fonction du temps.

Les symptômes cliniques et les divers examens auxquels on a procédé permettent d'indiquer qu'habituellement cette radioactivité redevenait normale en quelques mois ou un an au plus. On trouvera ci-après les informations les plus récentes sur cette évolution de la radioactivité dans le corps humain.

§ 2.1. *Tissus incapables ou peu susceptibles de se régénérer.*

Il s'agit du myocarde, des muscles lisses, des vaisseaux sanguins, de l'utérus, de la prostate et autres organes, des muscles striés, des cellules nerveuses, des follicules des ovaires, des glomérules des reins, des cristallins. A l'occasion de certaines autopsies, on a constaté que diverses modifications étaient intervenues dans le noyau des cellules des tissus examinés. Ces tissus ont également présenté des troubles fonctionnels fréquents. Ainsi, les conséquences des altérations infligées au noyau des cellules s'avèrent des plus graves.

Généralement, ces tissus sont peu vulnérables aux atteintes internes ou externes et ils sont assez rarement le siège de maladies

graves. Ils jouent un rôle important dans la protection de la vie elle-même et la détermination de la durée de l'existence humaine, tout particulièrement les cellules nerveuses et le système cardio-vasculaire. Il est donc spécialement urgent d'avoir un traitement protecteur des affections dont ces tissus peuvent être atteints, telles que les syndromes de l'asthénie de la bombe atomique. Il faut souligner à ce propos que les affections de l'utérus et des ovaires ont des effets héréditaires.

§ 2.2. *Tissus aux facultés de régénération incomplètes.*

Les tissus qui présentent ces caractéristiques sont ceux du pancréas, des glandes salivaires et endocrines. Les effets de l'irradiation dans leurs cellules peuvent se trouver atténués au cours du processus de régénération de ces celulles. Ils sont relativement peu susceptibles de subir des atteintes externes ou internes graves. Stables, par conséquent, il ne présentent que rarement des symptômes morbides. Cependant, leurs facultés de régénération sont assez faibles, ce qui est particulièrement sensible dans certaines maladies telles que les infections et les intoxications.

§ 2.3. *Tissus aux facultés de régénération complètes.*

Entrent dans cette catégorie la peau, les muqueuses du système gastro-intestinal, de la bouche à l'anus, les voies respiratoires, l'épithélium excréteur de divers organes, le foie, la moelle des os, la rate, les ganglions lymphatiques, les testicules ainsi que le système réticulo-endothélial, le tissu conjonctif et les os. Même quand ces tissus ont souffert les plus graves atteintes de la radioactivité, leur forte capacité de régénération leur permet de se reconstituer. Mais pendant que les lésions causées par la radioactivité s'atténuent, ces mêmes tissus sont enclins à souffrir plus gravement que d'autres de nouvelles atteintes internes et externes. Ainsi se déclarent certaines maladies telles que des tumeurs malignes, l'anémie, les maladies de foie. Et comme ce sont les tissus qui résistent aux maladies infectieuses et aux intoxications les troubles dont ils sont le siège peuvent avoir les plus graves conséquences.

On peut dire que l'organisme des victimes de la bombe A souffre plus ou moins d'une insuffisance de résistance et de souplesse pour vaincre ou éliminer les excitations nocives endogènes ou exo-

gènes. Après les recherches très sérieuses effectuées sur les m ladies des radiations, on a constaté que leurs effets sont cumulatif ce qui montre la nécessité d'éviter de soigner les victimes de bombe A aux rayons quand ce n'est pas absolument nécessaire.

Autrement dit, de tels malades sont en général très sensibles à radioactivité. Et nous voyons là une des raisons fondamentales pou lesquelles les victimes de la bombe A demandent l'interdiction d essais des bombes A et H.

Bibliographie

1. Nishida S. *Recherches sur les causes de décès des victimes de bombe A* (en japonais). Journal de l'Association Médicale d'H roshima, 9, Séries originales, 4, 917-930, 1956.
2. Fujimoto et collab. *Observations statistiques sur les victim de la bombe A et la leucémie.* (Conférence à la réunion du Grou d'étude sur les effets à retardement de l'explosion de la bombe (Hiroshima, juin 1959).
3. Ishida Y. *Observations pathologiques des néoplasmes malins ch les victimes de la bombe A d'Hiroshima.* Rapport du Comité Statistique des Spécialistes du Cancer (Conférence à la réuni du Groupe d'étude sur les effets à retardement de l'explosion la bombe A (Hiroshima, juin 1959).
4. Kono Y. *Le sang des personnes exposées à la bombe A à Hir shima* (en japonais) *Acta Haem. Jap.*, 20, Suppl., 160-175, 195
5. Uraki J. et collab. *Le fonctionnement du foie des victimes la bombe* A (Journal de l'Association Médicale d'Hiroshima, 1 519-521, 1957).
6. Okada T. et collab. *Recherches sur l'état réel des victimes de bombe A, onze ans après l'explosion d'Hiroshima.* (en japonai Kyosai-iho, 6, 338-348, 1956.
7. Harada T. *Les lésions provoquées par la bombe atomique; l chéloïdes, en particulier. Conséquences physiques et médical de la bombe d'Hiroshima,* 83-91, 1958, Maruzen, Tokyo.
8. Masuda Y. *Les troubles oculaires provoqués par la bombe Ibid.* 106-117, 1958, Maruzen, Tokyo.

Chapitre III

VIE ET PSYCHOLOGIE DES VICTIMES DE LA BOMBE A

Comme on l'a vu dans les précédents chapitres, la bombe atomique est intrinsèquement différente des bombes dites classiques. Quand elle éclate, elle tue et blesse en un instant des centaines de milliers d'hommes et de femmes. Ceux qui sont exposés à la déflagration, même s'ils demeurent apparemment indemnes, se trouvent fatalement soumis à la terrible radioactivité dégagée par la bombe.

La tragédie de ceux qui ont perdu leur famille se double du fait qu'eux-mêmes sont sévèrement frappés par la maladie atomique. Ils sont inaptes à tout travail tant soit peu pénible. Ils offrent moins de résistance que les autres aux maladies en général. Ils se trouvent ainsi nettement handicapés sur le plan social. Aucune aide sociale substantielle ne leur a encore été apportée. En outre, pour la seule raison qu'ils sont des « victimes de la bombe A », ils sont grandement désavantagés quand ils veulent se marier ou trouver un emploi.

Leur tragique passé, leurs difficultés actuelles et le sombre avenir qui selon toute probabilité les attend contribuent à les maintenir dans les plus misérables conditions morales et matérielles. Cela rend leur vie chaque jour plus difficile. Aucun aspect de leur existence n'a été épargné par la bombe atomique; cependant il n'a été effectué jusqu'à présent que de rares études d'ensemble sur les conditions de vie de ces victimes et le plublic n'en est pas suffisamment informé. Un certain nombre d'ouvrages écrits par les victimes ainsi que des films ont joué, il est vrai, un rôle important pour faire connaître leurs souffrances, mais de telles méthodes d'information n'ont guère dépassé le stade émotionnel. Pour comprendre réellement les conditions d'existence des victimes de la bombe A, il est indispensable de se livrer à un examen systématique

des divers aspects sociaux de ce problème en le traitant scientifiquement. Peu de choses ont encore été faites dans cet ordre d'idées.

Le Rapport sur les faits relevés concernant les victimes de la bombe A, présenté en août 1956 par le « Conseil d'Hiroshima Contre les Bombes A et H », note :

« On rencontre de grandes difficultés pour mener à bien une telle étude. En premier lieu, il est presque impossible de dénombrer exactement les victimes, car elles sont disséminées à travers le pays. Certaines d'entre elles dissimulent leur triste condition. En second lieu, après plus de dix ans d'une misérable existence, beaucoup ne croient plus utile d'en appeler à l'humanité. D'après les recherches effectuées et les questions posées en 1956 par Y. Kubo et S. Yamate, 86 % des victimes répondaient que personne d'autre qu'elles-mêmes ne pouvait comprendre leurs souffrances. Et parmi celles qui étaient le plus visiblement atteintes, la proportion de celles qui donnaient cette réponse atteignait 89 %. Cela indique que plus grave est le mal, plus fort est le sentiment que « personne ne peut comprendre ».

Ainsi, c'est seulement dans les limites définies par un tel état de choses que nous avons pu procéder à une étude statistique sur les victimes de la bombe A. Celles qui montraient le plus de réticences étaient celles qui avaient le plus souffert. C'est pourquoi nous considérons plutôt cette observation statistique comme un ensemble de renseignements permettant de dégager une tendance générale. Nous attachons une grande importance à l'étude individuelle de chaque cas. En fonction des conditions régionales et des conditions de classe, nous avons choisi au hasard de nombreux cas. Nous avons également choisi à l'hôpital spécialisé dans les soins aux maladies atomiques des personnes qui semblaient être aux prises avec un grand nombre de problèmes. Nous avons ainsi étudié 650 cas. Mais nous n'avons pu nous entretenir plus de deux heures qu'avec 431 de ces victimes. Beaucoup d'autres n'ont pu être interrogées, soit à cause de leur refus, soit à cause de leur état physique, soit par suite de l'ignorance de l'endroit où elles se trouvaient, soit pour toute autre raison. Il est vraisemblable que parmi les victimes que nous n'avons pu interroger se trouvaient de nombreux cas graves.

Pour embrasser la perspective complète de la situation réelle des victimes de la bombe A, il serait nécessaire de définir les particularités de la société japonaise, la pauvreté, la formation culturelle de type féodal et l'insuffisance du système de sécurité sociale. Mais la place nous manque pour les développements nécessaires.

§ 1. La vie familiale des victimes.

La mort ou la maladie des membres de la famille, les dégâts nfligés à la propriété familiale constituent d'importantes conséquen-es provoquées par la bombe sur la vie familiale. Sur le nombre otal de familles exposées à la déflagration et demeurant encore à Hiroshima, on estime à 46 % la proportion de celles dont des mem-res sont morts en conséquence directe de l'explosion. Il est à pré-umer que beaucoup de celles qui habitaient au voisinage de l'hypo-entre ont été entièrement anéanties. Les mots sont impuissants à exprimer cette tragédie. Mais est-il moins tragique le sort des fa-nilles qui ont perdu plusieurs des leurs et dont les survivants sont ous la menace permanente des maladies atomiques ?

§ 1.1. *Les orphelins de la bombe A.*

Il est impossible de connaître le nombre exact de ceux que l'on nomme « les orphelins de la bombe A ». Dans Hiroshima il y en , croit-on, de 4.000 à 6.500. Des parents plus ou moins éloignés 'occupent d'eux, ou ils ont été recueillis par les orphelinats; mais eaucoup d'entre eux ont rejoint des bandes d'enfants vagabonds; ertains enfin sont morts de faim.

L'existence de ces orphelins était extrêmement misérable. La lupart d'entre eux sont maintenant des adultes mais ils ne sont pas débarrassés de la peur et de l'insécurité.

§ 1.2. *Les familles dont le père est mort.*

Le sort des familles qui ont perdu leur principal soutien est pi-oyable. Les mères sont obligées de travailler pour subvenir aux esoins des leurs. Elles doivent faire face, sans leurs maris, aux ifficultés de l'existence. Mais, au Japon, les débouchés sont limi-és pour les femmes et leurs conditions de travail sont, en outre, très auvaises. De plus, le fait que beaucoup d'entre elles souffrent de aladies atomiques leur rend encore beaucoup plus difficile la re-herche d'un emploi. Elles s'enfoncent ainsi dans la pauvreté et oivent gagner leur vie grâce à l'Organisation de lutte contre le hômage ou subsistent chichement sous le régime de la loi d'aide our la sauvegarde de l'existence (*Livelihood Protection Law*). Par-ois, leur pauvreté les empêche de recevoir les soins appropriés à eur état. Elles ne peuvent pas entrer à l'hôpital car il n'y a per-

sonne pour s'occuper de leurs enfants. Il leur est très difficile d se remarier, car les hommes, du fait de la guerre, sont moins nom breux que les femmes. En revanche, la plupart des hommes qu avaient perdu leur femme ont pu reconstruire un nouveau foyer Dans bien des cas le nouveau foyer des veuves atomiques rema riées est à son tour détruit du fait de leur maladie atomique.

§ 1.3. *Les personnes âgées qui ont perdu leurs enfants.*

L'insécurité du lendemain et l'angoisse qu'elles éprouvent pro vient du fait qu'elles ont perdu les fils ou les filles qui leur seraien venus en aide au soir de leur vie. Les vieillards indigents secouru dans le cadre de la loi d'aide pour la sauvegarde de l'existenc sont toujours plus nombreux. Ceux qui n'ont conservé que leurs fille n'ent sont pas moins éprouvés, eux aussi. Une malheureuse vieill femme dont la fille avait survécu à la bombe et s'était mariée nou a dit : « Son mari avait promis de s'occuper de moi, après le ma riage mais lui et sa famille ont interdit à ma fille de venir me voi quand j'ai dû entrer à l'hôpital pour soigner une maladie atomique » Les vieillards atteints de maladie atomique sont très nombreux. O ne les accueille pas volontiers dans les maisons de retraite du fa de leur mauvaise santé. Il est nécessaire de prévoir la créatio d'établissements spéciaux pour les héberger.

§ 1.4. *Les mères de famille souffrantes.*

Au sein des familles qui comptent des victimes de la bombe surgissent des difficultés que ne peuvent imaginer les gens ordina res. Si le mari tombe malade, la femme doit travailler; si c'est l femme qui est atteinte, il n'y a personne pour tenir la maison. U certain nombre de ces femmes ont dû divorcer parce qu'elles étaien incapables de tenir leur ménage. Un cas extrême : une femm avait dû être hospitalisée pour maladie atomique; pendant son séjou à l'hôpital, son mari se mit en ménage avec une autre et, une fo le traitement fini, elle ne sut où aller. Une malade, mère de famille nous a dit : « Il m'est très pénible d'entretenir la maison, mais mo mari me chassera si je deviens inutile. C'est pourquoi je travaille C'est mortellement dur. Mais j'ai une fille pour laquelle je do vivre ».

§ 1.5. *Les problèmes du mariage.*

Il devient de plus en plus difficile pour les victimes de la bombe atomique de se marier. Leurs blessures apparentes, telles les chéloïdes, ont été d'abord les principaux obstacles à leur mariage ; mais depuis 1954, la peur et la notion des dangers des « cendres de mort » se sont largement répandues et chacun est maintenant attentif aux maladies atomiques. Cela conduit les gens à éviter de se marier avec les victimes de la bombe A. Certaines des victimes elles-mêmes ne désirent pas se marier. Nombreux furent les projets d'union rompus lorsque l'on apprit que l'un des fiancés était une victime de la bombe A, ce qui poussa bien des jeunes gens au désespoir. Beaucoup éprouvent aussi de la crainte pour leur descendance par suite des effets génétiques des radiations.

Au lieu de se laisser aller au désespoir, certains tentent de trouver dans des activités à caractère social un but et une raison de vivre. Mais, en général, les victimes de la bombe A, particulièrement les femmes, éprouvent des difficultés à soutenir une occupation régulière.

§ 2. Les difficultés d'ordre professionnel.

Afin de définir la vie professionnelle des victimes de la bombe A, il est nécessaire d'analyser les classes sociales, mais nous devons tout d'abord attirer votre attention sur le fait que les maladies atomiques déterminent les conditions de base de l'existence des victimes, quelle que soit leur profession.

§ 2.1. *La recherche du travail.*

Il leur est de plus en plus difficile de trouver un emploi. La maladie atomique peut se déclarer à tout moment et ils ne peuvent se livrer à un travail pénible. Les employeurs qui sont soucieux de leurs profits n'aiment pas employer des victimes de la bombe A.

Ce n'est un secret pour personne qu'au Japon les relations individuelles avec les personnalités influentes du monde des affaires jouent un rôle important dans la recherche d'un emploi. Pour ces rapports personnels, les victimes qui ont perdu leur père ou leurs proches parents sont grandement défavorisées. La maladie atomique les met dans l'impossibilité d'assurer un travail normal. Beaucoup

sont devenus totalement inaptes. Ainsi, nombre d'entre elles son sans travail. A Hiroshima même, 60 % des victimes de la bombe ato mique sont sans emploi. Beaucoup reçoivent les secours prévus pa la loi sur la sauvegarde de l'existence ; mais comme le montant e est extrêmement faible, il leur faut s'adonner à de petits travau pour survivre.

§ 2.2. *Les travailleurs inscrits à l'Organisation de Lutte contre l Chômage (Unemployment Relief Work).*

Ceux qui, ayant la volonté de travailler, ne peuvent pas trouve d'emploi, sont embauchés dans le cadre du programme de l'Organi sation de lutte contre le chômage. A Hiroshima, 42 % de ces tra vailleurs sont des victimes de la bombe A. Ce chiffre est très étonnant quand on sait que 25 % seulement des habitants de l ville sont des victimes de la bombe. Leurs conditions de travai sont extrêmement mauvaises et ils sont très mal payés. Les travau de force leur sont presque impossibles. Avec environ six mille yen (7 ou 8.000 francs) par mois, ils peuvent à peine se procurer un nourriture suffisante. Ils n'ont qu'une ressource pour essayer d'amé liorer leur niveau de vie et aussi leur santé, c'est de trouver u meilleur emploi. Mais c'est presque impossible.

§ 2.3. *Les ouvriers.*

Il y a différentes catégories d'ouvriers. On trouve de nombreuse victimes de la bombe A dans les petites entreprises. Dans la plupar des cas, les ouvriers qui travaillent dans des maisons peu impor tantes ne sont pas organisés et leurs conditions de travail sont mau vaises. La journée de travail est longue et les salaires sont bas. E outre, ils sont renvoyés dès qu'ils tombent malades ou qu'ils de viennent vieux. Leur vie est précaire et ils n'ont ni assez de repos ni assez de nourriture. Ceux qui sont employés par de grandes en treprises ou qui travaillent dans les services de l'Etat jouissent com parativement de meilleurs salaires et de meilleures conditions d travail. Là encore, néanmoins, les victimes de la bombe A ont à fair face à de nombreux problèmes car elles sont vite fatiguées e tombent facilement malades. Dans ce cas, elles n'osent pas prendr assez de repos car elles ont peur de perdre leur place. Nous avon rencontré le cas de l'une de ces victimes qui souffrant d'anémi continuait pourtant de travailler à force de transfusions de sang. Et l

crainte de perdre leur travail règne parmi ceux qui sont obligés de se faire hospitaliser.

§ 2.4. *Artisans, petits commerçants et petits industriels.*

Eux aussi ont une vie précaire du fait de leurs longues journées de travail et des soucis que leur procure la petite entreprise qui leur appartient. Si le mari ou la femme tombe malade, il faut avoir recours à un autre membre de la famille. Dans les très petites entreprises privées, il est impossibe d'employer de la main-d'œuvre. Une dure concurrence règne entre de telles entreprises et là aussi, les victimes de la bombe A sont désavantagées.

§ 2.5. *Petits cultivateurs.*

Leur dur labeur et leur pauvreté font qu'il leur est difficile de prendre assez de repos et de se nourrir convenablement. Ils ne peuvent se permettre d'employer de la main-d'œuvre, même s'ils tombent malades. Parmi les cultivateurs, le travail collectif est encore répandu. Les victimes de la bombe A ne peuvent développer une grande activité au sein de tels groupes et ils sont considérés comme des paresseux par ceux qui ne comprennent pas leur situation. Dans les petits villages, en particulier, où ils sont en petit nombre, ils sont complètements isolés. Ils sont démoralisés. Il leur faut beaucoup de temps et beaucoup d'argent pour se faire soigner, car la plupart d'entre eux habitent dans des hameaux et loin des grands hôpitaux. Dans les villages, ces victimes rencontrent moins de compréhension que dans les grandes villes.

§ 3. Les souffrances et les revendications des victimes de la bombe.

Directement ou indirectement, leurs souffrances proviennent de la bombe atomique.

§ 3.1. *Le cercle vicieux de la maladie et de la pauvreté.*

Leurs deux soucis principaux ont nom : maladie et pauvreté. Ils sont étroitements associés. Les victimes sont sujettes à la maladie et n'ont pas de résistance au travail. Cela les conduit à la pauvreté. Cette pauvreté les empêche de se reposer et de se nourrir convenablement et quand la maladie les frappe, ils n'ont pas la possi-

bilité de recevoir un traitement médical approprié. Près de 60 % de ceux qui sont hospitalisés à Hiroshima, à l'Hôpital des malades atomiques bénéficient des secours accordés par la Loi d'aide ou auraient besoin d'en bénéficier. Différentes raisons empêchent beaucoup de victimes de se faire hospitaliser. Elles ne vont à l'hôpital qu'aux heures des soins et, parfois, les mauvaises conditions de vie ramènent à l'hôpital celles qui étaient guéries.

§ 3.2. *Sécurité de l'existence et assurance du traitement médical.*

Les victimes demandent avec force qu'un système adéquat soit mis sur pied pour assurer ces deux conditions. Le traitement médical ne peut être effectivement assuré que s'il est accompagné de mesures de sécurité sociale protégeant l'existence des victimes.

§ 3.3. *Pas de discriminations.*

Pour les victimes, la discrimination dans le domaine du mariage et dans celui de l'emploi est le problème le plus grave. Il est nécessaire de mieux comprendre ces personnes et de les traiter avec plus d'attention.

§ 3.4. *Interdiction des bombes A et H et maintien de la paix.*

Les dures épreuves qu'elles ont traversées conduisent ces victimes à exprimer avec force leurs revendications pour l'interdiction des armes nucléaires et le maintien de la paix. Elles espèrent que les peuples du monde entier se lèveront avec elles pour atteindre ces objectifs.

§ 4. Psychologie sociale des victimes.

§ 4.1. *Le sentiment d'aliénation.*

Le Japon se trouvait sous le contrôle de l'armée d'occupation quand les victimes de la bombe A traversèrent leurs plus pénibles épreuves. Au cours de cette période, ils ne pouvaient faire entendre leurs appels ni demander aide et protection. Ils vivaient et souffraient seuls et en silence. Ils étaient tellement isolés qu'au moment où l'occupation prit fin, ils avaient perdu la volonté et la force de réagir. Et lorsqu'ils se firent entendre, ils ne furent pas compris, mais au contraire soumis à des mesures de discrimination. Ces mal-

heureux ressentirent vivement leur « aliénation ». Mais ils ont surmonté ce sentiment depuis la Première Conférence Mondiale contre les bombes A et H à laquelle ils participèrent avec ardeur.

§ 4.2. *Les revendications des victimes.*

La plupart d'entre elles exigent l'interdiction des bombes A et H. C'est là leur revendication essentielle. D'après nos recherches, 92 % disent qu'« elles devraient être interdites » et 85 % qu'« il faut arrêter les expériences ». Mais elles ne nourrissent pas grand optimisme quant à la possibilité d'obtenir l'interdiction. 30 % seulement ont déclaré qu'elles la croyaient réalisable.

Au cours de notre action contre les bombes A et H, nous devons conserver un étroit contact avec ces victimes et donner vigueur au mouvement ; ainsi pourrons-nous leur ouvrir les perspectives de l'espoir.

Les enquêtes et commentaires contenus dans ce chapitre sont l'œuvre : 1° pour Hiroshima, de : Kin'ichiro Ishii, Shigeru Yamate, Naomi Shohno, Yoshio Sugihara et Makoto Kitanishi (professeurs d'économie politique à l'Université d'Hiroshima et Takuro Amano (membre de la Société d'Etudes Historiques); 2° pour Nagasaki, de : Rokuro Mogi, Ichiro Nakanishi et Bunji Kawasaki (professeurs de sciences économiques à l'Université de Nagasaki) et Juta Hayashi (professeur au Collège de Construction navale à Nagasaki).

CONCLUSION

Une claire connaissance des ravages provoqués par les bombes A à Hiroshima et à Nagasaki permet d'aboutir aux conclusions suivantes :

1. Il est exact que ces dévastations nucléaires eurent pour cause le souffle destructeur et les rayons calorifiques produits par ces explosions. Mais leur nature est tout à fait différente de celle des effets provoqués par d'autres armes car ils sont multipliés par la radioactivité. Les effets de celle-ci ne se manifestèrent pas seulement pendant quelques instants, mais laissent une radioactivité résiduelle pendant une très longue période après le bombardement.

2. Cette radioactivité inflige aux cellules humaines les lésions les plus graves qui soient. C'est pourquoi, quatorze années après les explosions, on constate encore parmi les rescapés la présence de maladies aiguës, de chutes de cheveux et d'hémorragies, ainsi que d'effets différés comme les leucémies ou les tumeurs malignes. En outre, sur le plan génétique, on doit dire que les tares d'origine nucléaire seront réellement éternelles.

3. Les effets nocifs à longue échéance ne se manifestent pas seulement dans le domaine de la santé, mais aussi dans toutes les sphères de la vie humaine. Il est donc indispensable d'empêcher la guerre atomique par tous les moyens possibles.

4. Les « poussières de la mort » provenant des essais nucléaires sont plus mortelles encore pour les victimes d'Hiroshima et de Nagasaki par suite du caractère cumulatif des effets de la radioactivité. C'est pourquoi les expériences de bombes A et H devraient faire l'objet d'une interdiction immédiate et inconditionnelle.

5. Nous devons savoir que c'est grâce au sacrifice des victimes d'Hiroshima et de Nagasaki que nous avons pu prendre conscience de l'horreur des bombes A et H et étudier les maladies d'origine radioactive et les méthodes de traitement appropriées.

Il faut également savoir que des hommes ou des femmes qui n'ont pas été victimes de la bombe A souffrent aujourd'hui de la radioactivité accumulée du fait des expériences et de l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. Lorsque nous songeons à tous ces aspects ainsi qu'à la menace d'une éventuelle guerre atomique, nous pouvons dire que « les victimes de la bombe A sont en réalité les biens les plus précieux de l'humanité ». Secourir les victimes de la bombe A en leur donnant toute notre compréhension, ce n'est donc pas seulement les aider, mais nous aider nous-mêmes.

6e Partie

LES SAVANTS METTENT EN GARDE

Plus que quiconque, savants et travailleurs scientifiques connaissent les conséquences exactes des explosions atomiques. Plus nombreux qu'on ne le sait généralement, ils estiment de leur responsabilité particulière d'informer l'opinion publique de la menace qui pèse sur l'humanité et de contribuer à écarter du monde le danger atomique.

Parmi les multiples prises de position, avertissements, appels, adressés par des scientifiques à leurs collègues, aux pouvoirs publics et à l'opinion, les deux textes suivants constituent des mises au point.

Le premier est l'un des tout derniers écrits de Frédéric Joliot-Curie ; le second émane de 66 savants de 18 pays réunis en conférence dite de Pugwash.

Ils élargissent un peu le thème de ce cahier. Ils ne traitent pas, en effet, des expériences nucléaires comme d'une question isolée, mais posent le problème de l'emploi des armes nucléaires et de leur interdiction, ainsi que celui de l'application exclusive des forces immenses de la science moderne à des objectifs pacifiques de progrès humain.

Frédéric JOLIOT-CURIE

LA CAMPAGNE MONDIALE CONTRE LE PERIL ATOMIQUE

L'utilisation de l'énergie atomique à des fins de destruction massive d'êtres humains a été préparée pendant la guerre mondiale dans des conditions de secret qui rendaient fort difficile une prise de position de larges couches de l'opinion publique.

Mais des scientifiques honnêtes et clairvoyants, au courant, par leur travail même, des préparatifs de lancement d'une bombe atomique, n'ont pas hésité à exprimer leur réprobation devant cette éventualité, dès qu'elle fut envisagée.

C'est l'honneur d'un Comité de Scientifiques américains, le « Comité James-Franck », d'avoir, le 11 juin 1945, deux mois avant Hiroshima, remis au Secrétaire d'Etat à la Défense un rapport d'une argumentation solide où il déclarait notamment :

« Si les Etats-Unis devaient être les premiers à utiliser contre les hommes ce nouveau moyen de destruction aveugle, ils perdraient l'appui de l'opinion publique mondiale, précipiteraient la course aux armements et compromettraient la possibilité d'obtenir un accord international sur le contrôle futur de telles armes. »

Le bien-fondé de cet avertissement a été complètement confirmé par l'histoire des années qui ont suivi la dernière guerre.

Le bombardement atomique de Hiroshima et de Nagasaki ouvrit les yeux sur la puissance de destruction de ces nouvelles armes.

Les négociations engagées à l'O.N.U., en janvier 1946, en vue de préserver l'humanité des catastrophes de la guerre atomique

n'aboutirent pas. La guerre froide s'intensifiant, le danger de voir une fois encore utiliser les bombes atomiques apparut à beaucoup comme devenant très grand et l'opinion publique, inquiète, commença à se manifester. Un certain nombre de savants publièrent des mises en garde. Mais je pense que la première grande expression publique de la volonté d'en finir avec le danger atomique fut l'Appel du Mouvement Mondial de la Paix, en avril 1949, « pour l'interdiction des armes atomiques et des autres moyens de destruction massive ».

Le 19 mars 1950, le même mouvement décida de procéder par consultation individuelle en soumettant à l'approbation de tous un texte très clair et très bref connu sous le nom d'Appel de Stockholm pour l'interdiction absolue et contrôlée de l'arme atomique. En moins de dix mois, plus de six cent millions de signatures furent recueillies. Il est généralement reconnu aujourd'hui que cette consultation — au travers des explications qui furent fournies — a largement contribué à éveiller l'opinion publique à la réalité des périls atomiques et à la nécessité d'une action soutenue et générale pour les écarter.

Lorsque, le 1er mars 1954, l'explosion d'une bombe à hydrogène, à Bikini, fit plusieurs victimes parmi l'équipage d'un bateau de pêche japonais naviguant à 120 km du lieu de l'explosion, l'opposition aux armes atomiques en reçut une nouvelle impulsion. D'innombrables personnalités et organisations demandèrent l'arrêt des essais d'armes nucléaires et l'interdiction de ces armes : le Conseil Mondial de la Paix, le Conseil Scientifique du Japon, le Comité permanent de la Croisade américaine pour la Paix, la Fédération Mondiale des Travailleurs Scientifiques, le Conseil Œcuménique des Eglises, le Comité exécutif de la Fédération Mondiale des Associations pour les Nations Unies, l'Union Interparlementaire, les Chambres des députés du Japon, de l'Italie, de la République démocratique allemande, les premiers ministres de l'Inde, de l'U.R.S.S., de l'Indonésie, le professeur Einstein, et bien d'autres encore. Une déclaration dénonçant le péril de la guerre atomique fut publiée l'année suivante par dix-huit lauréats du Prix Nobel, tandis qu'une déclaration préparée à l'initiative de Bertrand Russell, signée par Einstein juste avant sa mort et à laquelle je m'associai avec dix autres collègues, produisait une forte impression.

Dans son message de Noël 1955, le pape Pie XII se prononça pour ces trois mesures : « Renonciation aux expériences avec des armes nucléaires, renonciation à l'emploi de telles armes, contrôle général des armements. »

C'est en août 1955 qu'eut lieu au Japon la première Conférence mondiale contre les bombes A et H, convoquée par le Conseil japonais contre les bombes A et H. Depuis cette date, des conférences mondiales ont lieu chaque année au Japon pour l'anniversaire des bombardements de Hiroshima et Nagasaki; leur préparation et leurs travaux contribuent beaucoup à la mobilisation de l'opinion publique mondiale contre le péril atomique.

Tous ceux qui ont pu participer à ces conférences ont témoigné de l'émotion absolument générale qui, dans tous les milieux, indépendamment des opinions politiques et des confessions religieuses, s'empare du peuple japonais dès que le problème atomique est en question.

La situation des scientifiques dans ce domaine est particulière. Plus que la moyenne des gens, ils ont la faculté de se représenter les conséquences exactes de l'emploi des bombes atomiques ou thermonucléaires. En général, ils sont relativement plus conscients des dangers et plus effrayés de leur ampleur. Ils se sentent une double responsabilité : d'une part, leur connaissance même du péril les pousse à convaincre l'opinion publique en l'informant objectivement de la menace qui pèse sur l'humanité; ils savent qu'ils sont, pour cette tâche, peut-être plus compétents et qu'en tout cas leur avis apparaîtra comme plus autorisé. D'autre part, les scientifiques souffrent de voir la science ainsi pervertie et ils voudraient réussir à écarter du monde le danger atomique afin de ne laisser subsister que les applications humanitaires de la recherche scientifique à laquelle ils consacrent leur vie.

La Fédération Mondiale des Travailleurs Scientifiques, comme aussi la Fédération des Scientifiques américains, a multiplié les prises de position. La F.M.T.S. a lancé maints appels aux hommes de science de tous les pays pour qu'ils élèvent leur voix pour la cessation des explosions expérimentales et l'interdiction des armes nucléaires. Le révélation par des savants compétents des dangers que fait peser sur notre génération et sur les générations suivantes l'accumulation de produits radioactifs dans l'atmosphère a soulevé une grande inquiétude au cours de ces dernières années et a alerté l'opinion publique de nombreux pays.

Le mois d'avril 1957 a marqué une étape importante dans le développement de cette campagne. En effet, le 12 avril, dix-huit savants de la République Fédérale allemande publiaient une déclaration dans laquelle, après avoir montré les dangers des armes nucléaires stratégiques, ils attiraient l'attention sur le caractère artificiel de la distinction entre les armes dites tactiques et celles quali-

fiées de stratégiques. « Toute bombe atomique ou fusée atomique a un effet analogue à la première bombe qui détruisit Hiroshima ». Et ils déclaraient ensuite résolument « qu'aucun des soussignés ne serait prêt à collaborer de quelque manière que ce soit à la construction, l'expérimentation ou l'utilisation d'armes atomiques ».

Cette action était immédiatement appuyée par un nombre important de physiciens éminents de la République démocratique allemande. Le 23 avril 1957, dans une allocution diffusée par la radio norvégienne, le Dr Albert Schweitzer attirait l'attention du public sur les effets génétiques et autres de la répétition des essais d'armes nucléaires et terminait ainsi : « La fin des expériences de bombes atomiques représentera l'aube d'un soleil d'espoir, auquel aspire l'humanité ». Pour insister sur l'importance du danger qui pèse sur chacun de nous et surtout sur nos descendants, et sur l'urgence d'un arrêt des explosions expérimentales d'armes nucléaires, je lançais le même jour un nouvel avertissement.

Au cours de ce même mois, le Bureau du Conseil Mondial de la Paix lançait une nouvelle campagne pour une trêve immédiate des expériences.

Depuis ce moment, le mouvement pour l'arrêt des expériences a pris une ampleur toujours plus grande.

En juin 1957, le célèbre biochimiste américain Linus Pauling a rendu public un avertissement signé par plus de mille scientifiques américains :

« Chaque explosion expérimentale de bombe nucléaire répand une charge supplémentaire d'éléments radioactifs sur toutes les parties du monde. Toute addition à la quantité de radiation cause des dommages à la santé des êtres humains et à la masse de protoplasme humain, provoquant ainsi un accroissement du nombre des enfants sérieusement déficients qui naîtront dans les générations futures.

« Aussi longtemps que ces armes ne sont possédées que par trois puissances, un accord pour leur contrôle est réalisable. Si les explosions expérimentales continuent et si la possession de ces armes s'étend à d'autres gouvernements, le danger du déchaînement d'une guerre nucléaire cataclysmique par l'action insouciante de quelque leader national irresponsable sera considérablement accru.

« Un accord international pour arrêter maintenant l'expérimentation des bombes nucléaires servirait de première étape vers un désarmement plus général et vers l'abolition finale des armes nu-

cléaires, évitant ainsi la possibilité d'une guerre nucléaire qui serait une catastrophe pour toute l'humanité.

« Nous avons en commun avec nos semblables le profond souci du bien-être de tous les humains. Comme scientifiques, nous avons la connaissance des dangers et, par conséquent, la responsabilité de faire en sorte qu'ils soient connus. Nous estimons qu'il est impératif qu'une action immédiate soit entreprise pour aboutir à un accord international sur l'arrêt des explosions expérimentales de toutes les armes nucléaires ».

Cette déclaration fut reprise par des scientifiques dans beaucoup d'autres pays et, à la fin de 1958, quelque 9.000 scientifiques y avaient apposé leur signature.

Les peuples de tous les pays ont une grande dette de reconnaissance à l'égard des scientifiques japonais qui ont étudié systématiquement les effets des radiations des bombes qui dévastèrent Hiroshima et Nagasaki, ainsi que les effets des explosions expérimentales et l'empoisonnement radioactif de l'atmosphère et du sol, non seulement au Japon, mais dans le monde entier.

En Union soviétique également, de nombreux scientifiques ont joint leurs propres appels à ceux qui, dans le monde entier, réclament la fin des explosions expérimentales et l'interdiction des armes atomiques. Un tel appel a été signé par les professeurs Blokhintsev, Veksler et leurs collègues, parmi lesquels des spécialistes de Chine, de Tchécoslovaquie, de Pologne, de Roumanie, de Mongolie, à l'Institut international des Recherches nucléaires, près de Moscou (Institut dans lequel se trouve le plus grand accélérateur de particules du monde) :

« Nous nous prononçons catégoriquement en faveur de l'interdiction des armes atomiques et pour la conclusion aussi rapide que possible d'un accord mettant fin, sans délai, aux explosions expérimentales de bombes atomiques et thermonucléaires. Toute guerre atomique, où qu'elle ait débuté, deviendrait inexorablement une guerre atomique générale avec d'atroces conséquences pour l'humanité ».

Une autre déclaration des oncologistes soviétiques, parmi lesquels le professeur Engelhardt, indique :

« Nous sommes aux côtés de nos collègues étrangers dans leur désir de protéger les peuples contre les effets dangereux des explosions atomiques. Nous sommes, en principe, pour l'interdiction absolue des armes atomiques et à hydrogène et nous insistons pour,

qu'à titre de première étape dans cette voie, soient bannies les explosions expérimentales de ces armes ».

En France, 1.172 scientifiques et autres travailleurs du Centre d'Etudes nucléaires de Saclay ont signé une déclaration demandant au gouvernement français de prendre une initiative en vue d'amener les autres gouvernements à cesser les explosions expérimentales d'armes nucléaires.

Et ainsi de suite. De Chine, Bulgarie, Tchécoslovaquie, Hongrie, Pologne, Roumanie, Danemark, Hollande, Inde, Argentine, Australie et d'autres contrées sûrement, les scientifiques ont lancé des avertissements sur les dangers atomiques et plus spécialement sur ceux de la continuation des expériences.

Parmi les activités significatives des scientifiques, il convient de mentionner les Conférences internationales réunies à la suite de l'Appel Russell-Einstein de 1955. La première se tint à Pugwash, Nouvelle-Ecosse, en juillet 1957. A la fin de ses délibérations fut rédigée une très importante évaluation des périls représentés par les armes nucléaires. Vingt-deux scientifiques éminents originaires de six pays différents de l'Est et de l'Ouest y apportèrent leurs noms.

Ultérieurement, au lac Beauport, près de Québec, se tint, en avril 1958, une conférence privée et une large assemblée de scientifiques est organisée pour se tenir à Kitzbühel et à Vienne en septembre 1958. On peut espérer qu'une déclaration y sera adoptée qui appellera de manière plus pressante à un arrêt de la course aux armements nucléaires [1].

Les efforts des scientifiques ont eu des retentissements parmi les peuples de beaucoup de pays. De grandes campagnes contre les armes nucléaires sont menées en Grande-Bretagne, dans la République fédérale allemande, au Japon et dans de nombreuses autres nations.

La décision prise le 31 mars 1958 par le gouvernement soviétique d'arrêter unilatéralement les essais d'armes nucléaires a suscité dans le monde l'espoir que ce geste serait bientôt suivi par les gouvernements des Etats-Unis et de la Grande-Bretagne. L'opinion publique suit avec attention les pourparlers qui se pousuivent en vue d'un accord sur cette question entre les trois puissances détentrices d'armes nucléaires.

1. Voir ci-après le texte de la déclaration qui fut effectivement adoptée (*N.d.l.R.*).

La très large inquiétude au sujet des possibilités d'une guerre nucléaire a eu, dans les dernières semaines, une profonde influence sur la politique de beaucoup d'Etats et a conduit à demander la convocation d'une conférence au sommet des grandes puissances. La volonté de l'opinion publique ne fait de doute pour personne. Elle est alertée, elle a pris conscience de la menace qui pèse sur l'humanité et elle veut qu'on en finisse avec les essais d'armes nucléaires. Si elle sait s'exprimer avec plus de vigueur encore, si toutes les forces pacifiques poursuivent résolument cet objectif, il pourra être atteint avant qu'il ne soit trop tard.

Juillet 1958.

Le Monde scientifique, *II, 2 (n° 4), septembre 1958, pp. 38-40.*

DECLARATION DE LA TROISIEME CONFERENCE DE PUGWASH

Kitzbühel, Autriche — 14-19 septembre 1958

La Troisième Conférence dite de Pugwash (voir l'article précédent) s'est déroulée à Kitzbühel du 14 au 19 septembre, et s'est terminée le 20 septembre 1958, à Vienne, par une grande manifestation publique au cours de laquelle a été lue la « Déclaration de Vienne » qui avait été rédigée par les savants participant à la conférence. En voici le texte intégral.

1) *Nécessité de mettre un terme aux guerres.*

Nous nous réunissons à Kitzbühel et à Vienne à un moment où il est évident que le développement des armes nucléaires donne à l'homme les moyens d'anéantir la civilisation, et même, en fait, de mener l'humanité au suicide; les moyens de destruction deviennent de plus en plus puissants. Les savants participant à nos réunions se préoccupent depuis longtemps de ce développement, et ils sont unanimes à considérer qu'une guerre nucléaire totale serait une catastrophe mondiale d'une ampleur sans précédent.

A notre avis, la protection contre les attaques nucléaires est très difficile. Croire aveuglément aux mesures défensives pourrait même contribuer au déclenchement d'une guerre.

Bien qu'il soit possible que les nations parviennent à un accord pour éliminer les armes nucléaires et autres armes de destruction massive des arsenaux du monde, la connaissance des procédés permettant la fabrication de telles armes ne pourrait être détruite. Cela demeurait indéfiniment pour l'humanité une menace en puissance. En cas d'éclatement dans l'avenir d'une guerre de grande envergure, chaque Etat belligérant se considérerait, non seulement libre, mais

encore obligé d'entreprendre immédiatement la production d'armes nucléaires; car aucun Etat, en cas de guerre, ne pourrait avoir la certitude que l'ennemi n'est pas en train de prendre des mesures de cet ordre. Nous pensons que, dans une telle situation, il ne faudrait pas plus d'un an à une grande puissance industrielle pour se mettre à stocker des armes atomiques. A partir de ce moment-là, la seule limitation susceptible d'empêcher leur emploi proviendrait d'accords sur la non-utilisation, signés antérieurement, en temps de paix. Cependant, la puissance décisive des armes nucléaires donnerait un caractère presque irrésistible à la tentation de les employer, particulièrement dans le cas de dirigeants acculés à la défaite. Il semble donc vraisemblable qu'en cas d'une guerre éventuelle d'envergure les armes atomiques seraient utilisées et ce avec les terribles conséquences que l'on connaît.

On évoque parfois la possibilité de voir continuer à se dérouler des conflits localisés, dans le cadre d'objectifs limités, sans que cela entraîne des conséquences catastrophiques. Mais l'histoire montre que le risque de voir les conflits limités s'amplifier pour aboutir à des conflits généralisés est trop grand pour être admissible à l'âge des armes de destruction massive. L'humanité doit donc se consacrer à la tâche consistant à éliminer toutes les guerres, y compris les guerres limitées.

2) *Conditions nécessaires à la cessation de la course aux armements.*

La course aux armements résulte de la méfiance entre Etats et elle contribue encore à aggraver cette méfiance. Par conséquent, toute mesure freinant la course aux armements et aboutissant à des réductions, même limitées, en matière d'armements et de forces armées — sur une base d'égalité et dans le cadre d'un contrôle nécessaire — est souhaitable. Nous saluons tous les pas faits dans ce sens et, en particulier l'accord auquel sont récemment parvenus les spécialistes de l'Est et de l'Ouest, réunis à Genève, sur la possibilité de détecter les expériences. En tant que savants, nous sommes particulièrement heureux de constater que cet accord unanime, le premier réalisé après une longue série d'échecs en matière de négociations internationales sur le désarmement, a été possible grâce à l'esprit de compréhension réciproque et à une commune attitude objective des savants de différents pays. Nous notons avec satisfaction que les gouvernements des Etats-Unis, d'Union Soviétique et du Royaume-Uni ont approuvé les déclarations et la conclusion contenues

dans le rapport des experts techniques. C'est là un succès marquant; nous espérons ardemment que cette approbation sera rapidement suivie d'un accord international aboutissant à la cessation de toutes les expériences nucléaires et à l'établissement d'un système effectif de contrôle. Cela constituerait un premier pas vers la détente internationale et la fin de la course aux armements.

Il est reconnu que tout accord sur le désarmement, et en particulier sur le désarmement nucléaire, nécessite des mesures de contrôle pour empêcher les parties contractantes de tenter de se soustraire aux obligations de l'accord. Sur la base de leur compétence scientifique, les savants se rendent bien compte que, dans certains cas, un contrôle effectif serait relativement facile, tandis qu'il serait très difficile dans d'autres. Par exemple, la Conférence des experts à Genève a été d'accord pour considérer que la cessation des expériences nucléaires pourrait être contrôlée par un réseau adéquat de stations de détection. Par contre, il serait techniquement très difficile d'évaluer rigoureusement les stocks existants d'armes nucléaires et autres armes de destruction massive. Un accord sur la cessation de la production d'armes nucléaires constitue un problème présentant des difficultés techniques se situant sur un plan intermédiaire, par rapport aux deux cas extrêmes indiqués.

Nous reconnaissons que l'accumulation de stocks importants d'armes nucléaires a rendu extrêmement difficile, et peut-être impossible, l'établissement d'un système de contrôle absolument sûr s'appliquant à un désarmement nucléaire à grande échelle. Pour que ce désarmement devienne possible, il se peut que les nations aient à recourir, non seulement à un certain niveau de contrôle technique sur le plan pratique, mais aussi à un ensemble de dispositions comportant des accords politiques, des accords satisfaisants en matière de solidarité internationale et la pratique d'une coopération fructueuse dans divers domaines. Tous ces éléments réunis peuvent créer le climat de confiance mutuelle qui n'existe pas à l'heure actuelle, et faire que les nations reconnaissent les avantages politiques mutuels résultant de l'abandon de la méfiance.

Reconnaissant les difficultés de la situation technologique, les savants se sentent tenus d'amener leurs compatriotes et leurs gouvernements respectifs à la conscience de la nécessité d'une orientation politique favorisant le développement de la confiance internationale et réduisant l'appréhension mutuelle. Les causes d'appréhension mutuelle ne sauraient être réduites par de simples affirmations de bonnes intentions; pour qu'elles diminuent, des accommo-

dements politiques et l'établissement d'une coopération active sont indispensables.

3) *Ce que signifierait la guerre.*

Les conclusions que nous tirons sur les conséquences éventuelles de la guerre ont été appuyées par les rapports et les interventions présentés au cours de notre conférence. Ces documents montrent que si, en cas d'éclatement d'une guerre, une proportion importante des armes nucléaires existantes était utilisée contre des objectifs urbains, la plupart des centres de civilisation seraient anéantis dans les pays belligérants, et la majeure partie de la population serait tuée. Il en serait ainsi aussi bien en cas d'emploi de bombes dont la puissance proviendrait essentiellement de réactions de fusion (bombes dites « propres »), qu'en cas d'emploi de bombes basées essentiellement sur des réactions de fission (bombes dites « sales »). De telles bombes détruiraient les grands centres de peuplement et les grands centres industriels et, de plus, détermineraient — par l'anéantissement des moyens vitaux d'échange et de communication, la ruine de l'économie du pays attaqué.

Les principales puissances ont déjà accumulé d'importants stocks d'armes nucléaires « sales »; et il semble qu'elles continuent à en stocker. D'un point de vue strictement militaire, les bombes « sales » présentent des avantages dans certaines situations; cela rend vraisemblable leur utilisation en cas de conflit grave.

Les retombées radioactives résultant localement d'un emploi important de bombes « sales » entraîneraient la mort d'une grande partie de la population du pays attaqué. A la suite d'explosions nombreuses (chaque explosion étant équivalente à celle de millions de tonnes d'explosif chimique ordinaire), les retombées radioactives affecteraient, non seulement le territoire soumis au bombardement mais, à un degré plus ou moins élevé, le reste de la surface terrestre. Ainsi serait causée la mort de millions d'êtres humains, non seulement dans les pays belligérants, mais aussi dans les pays non belligérants, en raison des effets intenses de la radiation. De plus, les êtres humains et autres organismes vivants seraient atteints sensiblement par les effets à long terme des radiations; on constaterait des effets somatiques tels que la leucémie, le cancer osseux, la réduction de durée de la vie; on constaterait également des dommages génétiques affectant les caractéristiques héréditaires transmises aux descendants.

Les connaissances en génétique humaine ne sont pas suffisantes

pour que l'on puisse prévoir avec précision les conséquences susceptibles de résulter de l'augmentation considérable du taux de mutation qui serait déterminée par une guerre nucléaire totale.

Cependant les généticiens pensent que ces conséquences seraient probablement très graves pour l'avenir et la population mondiale qui aurait survécu. On suggère parfois qu'en cas de guerre, l'utilisation des armes nucléaires pourrait être limitée à des objectifs tels que les bases militaires, les concentrations de troupes, les aérodromes et autres centres de communication; et qu'ainsi les attaques sur les grands centres de population pourraient être évitées.

Même les armes tactiques ont, à l'heure actuelle, un grand rayon d'action; les agglomérations sont généralement étroitement rattachées aux centres d'approvisionnement et de transport. Nous pensons donc que même une guerre « limitée » aboutirait, en dépit d'efforts faits pour limiter les objectifs, à la dévastation générale du territoire sur lequel la guerre aurait eu lieu, et à l'anéantissement de la plus grande partie de la population. De plus, il est peu vraisemblable qu'un accord conclu au sujet de la non-utilisation des villes pour des buts militaires, accord conclu en vue de mettre les villes à l'abri de toute attaque, serait respecté jusqu'à la fin d'une guerre, particulièrement en ce qui concerne ceux qui seraient menacés par la défaite. D'autre part, la tentation serait forte pour ces derniers d'utiliser des bombes thermonucléaires contre les centres urbains de l'ennemi en vue de briser sa volonté de poursuivre la guerre.

4) *Les dangers des essais nucléaires.*

Lors de notre première conférence, on avait considéré que si les risques biologiques des essais pouvaient être limités en comparaison des risques analogues auxquels l'humanité est soumise pour d'autres raisons, les risques des expériences existent néanmoins, et doivent être l'objet d'une étude approfondie et suivie.

Depuis, des recherches très sérieuses ont été effectuées par le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des radiations atomiques; ses conclusions, dont l'autorité ne saurait être discutée, ont été publiées [1]. Sur ce terrain aussi les savants des différents pays ont pu parvenir à un accord unanime. Leurs conclusions confirment que les essais entraînent indubitablement des risques, et feront un nombre important de victimes parmi la génération actuelle et les

1. Voir la première partie du présent cahier (*N.d.l.R.*).

générations à venir. Bien que l'ampleur des dommages génétiques semble être relativement réduite en comparaison des dommages produits par des causes naturelles, le taux d'apparition des cas de leucémie et de cancer osseux déterminés par la radioactivité résultant des explosions expérimentales, peut, selon les évaluations du Comité des Nations Unies, être sensiblement plus élevé que le taux d'apparition naturelle de ces maladies. Cette conclusion est basée sur la considération (qui n'est pas partagée par tous ceux faisant autorité en la matière) selon laquelle ces effets peuvent résulter de doses infimes de radiations. Cette marge d'incertitude exige que soient faites des études approfondies et que, dans l'intervalle, l'on admette prudemment les suppositions les plus pessimistes. Cette considération donne plus d'importance à la conclusion admise par tous selon laquelle soumettre sans nécessité l'humanité aux radiations est une chose qui doit être évitée.

Il va sans dire que les atteintes biologiques résultant d'une guerre au cours de laquelle de nombreuses bombes thermonucléaires seraient utilisées, seraient incomparablement plus importantes que celles résultant des expériences; le principal problème immédiat posé à l'humanité est donc l'établissement de conditions susceptibles d'éliminer la guerre.

5) *La science et la coopération internationale.*

En tant que savants, nous pensons que nous avons une contribution importante à apporter en vue d'établir la confiance et la coopération entre les nations. La science est traditionnellement une entreprise internationale. Les savants ayant des attaches nationales diverses trouvent facilement une base commune de compréhension : ils utilisent les mêmes concepts et les mêmes méthodes, ils travaillent en vue de buts communs sur le plan intellectuel, en dépit des divergences de vues en matières philosophique, économique ou politique. L'importance rapidement croissante de la science dans les problèmes de l'humanité augmente encore l'importance de la communauté de compréhension.

L'aptitude des savants dans le monde entier à se comprendre et à travailler ensemble est un excellent instrument permettant de combler la brèche entre les nations et de concourir à leur union autour de buts communs. Nous pensons que le travail en commun dans tous les domaines où la coopération internationale s'avère possible constitue une contribution importante pour l'établissement de la

communauté des nations. Cela peut contribuer également au développement d'un climat de confiance mutuelle, nécessaire pour la solution des conflits politiques entre les nations, et qui créerait les conditions permettant un désarmement effectif. Nous espérons que les savants du monde entier auront conscience de leur responsabilité à l'égard de l'humanité et à l'égard de leur propre nation, et consacreront leurs pensées, leur temps et leur énergie au développement de la coopération internationale.

Plusieurs entreprises scientifiques internationales ont déjà eu un succès considérable. Nous ne citerons que la coopération à l'échelle mondiale qui a pu s'établir au cours de ce siècle dans le domaine de la météorologie, les deux années polaires internationales qui ont précédé (l'une de 75 ans et l'autre de 25 ans) l'actuelle année géophysique internationale, et les conférences sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. Nous espérons ardemment que des efforts seront faits pour que soit prise l'initiative de la collaboration dans d'autres domaines d'étude. Certainement les savants du monde entier apporteraient leur appui avec enthousiasme. Nous demandons que l'information scientifique puisse circuler sans restriction entre les nations et nous demandons de larges échanges de savants. Nous pensons que les nations qui basent leur sécurité nationale sur le secret des développements scientifiques, sacrifient les intérêts de la paix et le progrès de la science pour des avantages momentanés.

Nous pensons que la science sert mieux l'humanité si elle n'est soumise à l'influence d'aucun dogme imposé de l'extérieur et si elle peut exercer son droit à peser tous les postulats y compris ceux qui lui sont propres.

6) *La technologie au service de la paix.*

A notre époque, la science pure et la science appliquée sont devenues de plus en plus interdépendantes. Les résultats auxquels parvient la science sur les plans fondamental, expérimental et théorique, aboutissent de plus en plus rapidement à de nouveaux développements technologiques.

Cette tendance de plus en plus marquée est manifestée aussi bien dans la création d'armes d'un caractère destructif toujours plus considérable que dans le développement des moyens permettant d'accroître la richesse et le bien-être de l'humanité. Nous pensons que la tradition de compréhension mutuelle et de coopération internationale qui existait depuis longtemps dans les sciences, peut et

doit s'étendre à de nombreux domaines de la technologie. Par exemple, l'Agence internationale de l'énergie atomique vise non seulement à une coopération permettant de recueillir des faits sur l'énergie atomique, mais aussi à aider les nations du monde à développer une nouvelle source d'énergie qui pourrait être la base de l'amélioration de leur bien-être matériel. Nous pensons que la coopération internationale dans ce domaine et dans d'autres, tels que ceux du développement économique et de la défense de la santé, pourrait être grandement renforcée.

Le niveau de vie extrêmement bas dans les régions du monde sous-développées au point de vue industriel est et demeurera une source de tension internationale. Nous considérons qu'il est très urgent de promouvoir des études et de mettre en place des programmes pour l'industrialisation effective de ces pays. Cela aurait pour résultat, non seulement d'élever le niveau de vie de la plus grande partie de la population du monde, mais cela contribuerait aussi à réduire les sources de conflits entre les puissances hautement industrialisées. De telles études ouvriraient d'intéressantes perspectives aux efforts de coopération entre les savants de toutes les nations.

Le développement considérable concernant la facilité et la rapidité des communications, notre compréhension de plus en plus claire de l'influence des forces de la nature sur les conditions de vie des populations dans les différentes régions du monde, montrent clairement — et cela ne pouvait apparaître avec la même évidence avant l'époque présente — à quel degré la prospérité de chaque nation est liée à celle de l'humanité dans son ensemble, et dans quelle mesure elle en dépend. Nous voyons également avec quelle rapidité cela pourrait être accru grâce à un effort international commun. Nous croyons que par un tel effort commun la coexistence entre les nations de structure sociale et économique différente peut devenir, non seulement une coexistence basée sur la compétition pacifique, mais une coexistence basée sur une coopération sans cesse croissante, ce qui en renforcerait la stabilité.

En tant que savants, nous sommes pleinement conscients des grands changements apportés à la situation de l'humanité par le développement et les applications modernes de la science. Si la paix est assurée, l'humanité se trouve à l'aube d'une grande ère scientifique. La science peut donner à l'humanité les moyens de comprendre toujours mieux les forces de la nature et les moyens de les dompter. Ceci aboutirait à une augmentation considérable du bien-être, de la santé et de la prospérité de tous les hommes.

7) *La responsabilité des savants.*

Nous pensons qu'il revient aux savants de tous les pays de contribuer à éduquer les peuples en leur faisant comprendre les dangers et les possibilités qu'offre le développement sans précédent de la science. Nous lançons un appel à tous nos collègues dans le monde pour leur demander de participer à cet effort, tant par l'information des populations adultes que par l'éducation des générations futures. Il convient en particulier que l'éducation insiste sur l'amélioration de toutes les formes de relations humaines et élimine toute glorification de la guerre et de la violence.

Les savants, en raison de leurs connaissances particulières, sont bien placés pour réaliser rapidement les dangers et les promesses impliqués par les découvertes scientifiques. Ils ont, par conséquent, une compétence particulière et une responsabilité particulière à l'égard des problèmes les plus urgents de notre époque.

Dans la situation actuelle, caractérisée par la méfiance entre les nations et par la course à la suprématie militaire qui en résulte, tous les domaines de la science — la physique, la chimie, la biologie, la psychologie — sont de plus en plus impliqués dans le développement militaire. Aux yeux des populations de nombreux pays, la science est maintenant associée au perfectionnement des armes. Les savants sont, soit admirés pour leur contribution à la sécurité nationale, soit maudits pour avoir amené l'humanité à de tels périls par l'invention des armes de destruction massive. Le soutien croissant apporté à la science dans beaucoup de pays est dû en grande partie à son importance directe ou indirecte pour la puissance militaire de la nation et pour les possibilités qu'elle donne en matière de course aux armements. Ceci détourne la science de ses véritables objectifs qui consistent à développer les connaissances humaines et à assurer la domination de l'homme sur les forces de la nature, pour le profit de tous.

Nous déplorons les conditions qui mènent à une telle situation et nous lançons un appel à tous les peuples et à leurs gouvernements pour que soient établies les conditions d'une paix durable et stable.

Le 19 septembre 1958.

Liste officielle des participants a la Troisième Conférence de Pugwash

Australie
Professeur M. L. E. Oliphant

Autriche
Professeur Hans Thirring

Canada
Docteur Brock Chisholm
Sir Robert Watson-Watt

Danemark
Professeur Mogens Pihl

Etats-Unis d'Amérique
Professeur Harrison Brown
M. le Doyen David Cavers
Professeur Charles Coryell
Professeur William Davidon
Professeur Bernard Feld
Professeur Bentley Glass
Professeur Morton Grodzins
Docteur David Hill
Docteur Martin Kaplan
Professeur H. J. Muller
Professeur Jay Orear
Docteur Harry Palevsky
Professeur Linus Pauling
Professeur Eugene Rabinovitch
Professeur Frederick Seitz
Professeur Walter Selove
Professeur Leo Szilard
Docteur Alvin Weinberg
Professeur Victor Weisskopf
Professeur Eugene Wigner

France
Le Père Daniel Dubarle
Docteur Bernard Gregory

Docteur J. Guéron
Professeur Antoine Lacassagne

Grande-Bretagne
Lord Boyd Orr
Dame Kathleen Lonsdale
Professeur C. F. Powell
Professeur M. H. L. Pryce
Professeur J. Rotblat
Sir George Thomson

Hongrie
Professeur Lajos Janossy

Inde
Docteur K. S. Krishnan
Professeur P. C. Mahalanobis

Italie
Professeur E. Amaldi
Professeur E. Boeri

Japon
Professeur Yasuo Miyake
Professeur Iwao Ogawa
Professeur Schoichi Sakata
Professeur S. Tomonaga

Norvège
Docteur Gunnar Randers

Pays-Bas
Professeur B. R. A. Nijboer

Pologne
Professeur Léopold Infeld

Répub. Démocratique Allemande
Professeur Günther Rienäker

République Fédérale Allemande
Professeur Max Born
Professeur G. Burkhardt
Professeur Helmut Hönl
Professeur Werner Kliefoth
Docteur Manfried Lenz

Tchécoslovaquie
Docteur Victor Knapp
Docteur J. Kozesnik

U.R.S.S.
M. N. N. Bogolioubov, Membre de l'académie des Sciences
Professeur N. A. Dobrotine
Professeur E. K. Fedorov
Professeur E. A. Korovine
Professeur A. M. Kouzine
M. V. P. Pavlitchenko
M. D. V. Skobeltzyne, Membre de l'académie des Sciences
M. A. V. Toptchiev, Membre de l'académie des Sciences
Docteur V. S. Vavilov
M. A. P. Vinogradov, Membre de l'académie des Sciences

Yougoslavie
Professeur Paul Savic

La « Déclaration de Vienne » a été adoptée *nemine contradicente;* elle a été signée par tous les participants, dont liste ci-dessus, sauf un.

QUELQUES RENSEIGNEMENTS SUR LES AUTEURS DES TRAVAUX REPRODUITS DANS CE CAHIER

Dans la mesure où ils figuraient dans les périodiques et ouvrages scientifiques internationaux d'où nous avons extrait la plupart des travaux qui constituent ce cahier, on trouvera ci-après les titres et fonctions de leurs auteurs.

Marc LEFORT et Michel RIOU sont maîtres de recherche au laboratoire de physique nucléaire de la faculté des sciences de Paris, à Orsay.

Jean ORCEL est professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

K. SCHMIDT travaille à l'Institut d'étude des poussières de Berlin-Friedrichshagen.

Les collaborateurs du *Mémorial de l'O.N.M.* de 1937 sont P. GAUBERT, ancien sous-directeur du laboratoire de minéralogie au Muséum, R. BEAULIEU, calculateur à l'O.N.M. et M. MEZIN, météorologiste principal à l'O.N.M.

Linus PAULING, prix Nobel, est professeur à l'Institut de technologie de Californie à Pasadena, U.S.A.

Jean-Pierre VIGIER est maître de recherches à l'Institut Henri Poincaré, à Paris.

Alice STEWART, M.D., F.R.C.P., Josefine WEBB, M.B., David HEWITT, M.A., travaillent au Département de médecine sociale de l'université d'Oxford.

Jack SCHUBERT est chimiste au Département de recherches biologiques et médicales du Laboratoire National d'Argonne.

John T. GENTRY, M.D., M.P.H., F.A.P.H.A. est directeur régional du Département de la Santé de l'Etat de New-York à Syracuse; Elizabeth PARKHURST, M.Sc., est biostatisticienne principale à ce Département à Albany; Georges V. BULIN Jr, M.Sc. est géologue à l'Université de Syracuse.

H. MARCOVICH est chef de service à l'Institut Pasteur de Paris.

A. LEBEDINSKI est membre correspondant de l'Académie des sciences médicales de l'U.R.S.S.

Naomi SHOHNO est professeur de physique théorique au collège de jeunes filles d'Hiroshima Jogakuin; Kiyoshi SAKUMA et Shozo OGAWA sont professeurs de physique théorique à la Faculté des Sciences d'Hiroshima; Yoshio SUGIHARA est professeur de pathologie à la Faculté de Médecine d'Hiroshima; Shigeru YAMATE est professeur de sociologie au collège de jeunes filles d'Hiroshima.

Les traductions faites spécialement pour ce cahier sont de René Bertault, Francis Cohen, Marc Lefort, Denise Roudot et Denyse Weiller. Une aide précieuse a été apportée par Vladimir Frolow, Georges Royer et le Dr Sarracino.

SOMMAIRE

Présentation 3
M. LEFORT et M. RIOU : Introduction 5

1re Partie. — *Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des radiations ionisantes.*

Données physiques sur les radiations ionisantes. VI. Contamination du milieu 21
Résumé et conclusions 39
I. Intensités d'irradiation 40
II. Effets biologiques des rayonnements 51

2e Partie. — *Les retombées radioactives dans le monde.*

J. ORCEL : Les nuages radioactifs 65
Quelques données sur l'évolution de la radioactivité artificielle dans le monde 72
C. JEHANNO, O. TANAEVSKY, J. LABEYRIE, E. VASSY : Radioactivité de l'air et des précipitations au niveau du sol dans la région parisienne 80
A. BLANC, A. LANSIART, L. JEANMAIRE : Mesure du rayonnement gamma du corps humain 87
P. TCHOULKOV, L. KOURTCHATOVA, N. IOUZVOUK, O. VADKOVSKAIA : Le Sr90 dans le sol et la couverture végétale dans les environs de Moscou 93
K. SCHMIDT : Détermination de la radioactivité de l'air en Allemagne 97
Les retombées en Italie 102

3e Partie. — *Contribution à l'étude des effets d'une explosion nucléaire au Sahara.*

La direction des vents au Sahara 105
M. BERENGER : Essai d'étude météorologique du bassin méditerranéen 106
P. GAUBERT : Pluies de boue et de matières diverses 111
R. BEAULIEU : La pluie de boue du 28 novembre 1930 118
M. MEZIN : La pluie de boue du 17 mars 1932 à Montélimar. 128
M. PROKOP, G. HORAK, J. PODZIMEK : Quelques remarques sur le problème de la pollution de l'atmosphère en cas d'explosion d'une bombe atomique au Sahara 132
T. BENHIMA : Intervention à l'O.N.U. sur la question des essais nucléaires français au Sahara 139
Points de vue italiens 148

4e Partie. — *Effets biologiques des retombées radioactives.*

L. PAULING, S. SAKATA, S. TOMONAGA, J.-P. VIGIER, H. YUKAWA : Quelques précisions sur la nature et les propriétés des retombées radioactives résultant des explosions atomiques depuis 1945 153
A. STEWART, J. WEBB, D. HEWITT : Une enquête sur le cancer infantile 157
J. SCHUBERT : L'irradiation fœtale et les retombées radioactives 169
J. ORCEL : Quelques remarques liées aux données de la géochimie 180
J.T. GENTRY, E. PARKHURST, G.V. BULIN Jr : Malformations congénitales dans l'Etat de New-York 183
L. PAULING : Les effets génétiques et somatiques du carbone 14 203
H. MARCOVICH : Le problème de l'action biologique des faibles doses de radiations ionisantes 215
A. LEBEDINSKI, V. GRIGORIEV, G. DENIEVTCHOGLIAN : Sur les effets biologiques des faibles doses de rayonnements ionisants 222
Données récentes sur les retombées radioactives au Japon. 225
La radioactivité du corps humain 225
La contamination augmente rapidement 231
250.000 personnes menacées 233
Examen médical des victimes de la bombe A. 234
Présence du césium 137 237
Radioactivité de l'eau de pluie 241
La radioactivité dans le sol 242
La radioactivité de l'eau de boisson 244
Radioactivité dans les produits agricoles 245
Contamination du lait 247
Le strontium 90 dans le lait en poudre 248
Contamination des animaux 250
Annexes (septembre 1959) 254

5e Partie. — *Effets immédiats et à retardement des bombes atomiques de Hiroshima et Nagasaki.*

N. SHOHNO, K. SAKUMA, S. OGAWA : Effets physiques 261
Y. SUGIHARA : Lésions somatiques 270
S. YAMATE : Vie et psychologie des victimes de la bombe A. 287

6e Partie. — *Les savants mettent en garde.*

F. JOLIOT-CURIE : La campagne mondiale contre le péril atomique 299
Déclaration de la troisième conférence de Pugwash 306

Le directeur-gérant : Jean ETENDARD
N° 369. — Imprimerie G. Gouin, Villiers-le-Bel (S.-et-O.). — 4e trim. 1959

DEJA PARU :

Cahier n° 1 : Les origines du fascisme, 3e édition mise à jour *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 2 : Etats et classes dans l'Antiquité esclavagiste *(épuisé).*

Cahier n° 3 : Problèmes de l'automatisation *(400 fr. ; étr. : 450 fr.).*

Cahier n° 4 : Physique - Quelques problèmes philosophiques *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 5 : Aspects du capitalisme contemporain *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 6 : Eglises et religions. 1. Le christianisme *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 7 : Linguistique *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 8 : Les pays sous-développés *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 9/10 : La deuxième guerre mondiale *(600 fr. ; étr. : 650 fr.).*

Cahier n° 11 : Impasses social-démocrates *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 12 : Les relations franco-soviétiques et les entretiens de Gaulle-Staline de 1944 *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 13 : Essais sur la musique *(500 fr. ; étr. : 550 fr.).*

Cahier n° 14/15 : Le cosmos *(600 fr. ; étr. : 650 fr.).*

★

A PARAITRE :

Etudes sociologiques.

Le marxisme est-il dépassé ?

L'homme et la ville.

Documentation détaillée sur demande

RECHERCHES INTERNATIONALES

Abonnement d'un an (6 cahiers)

France : 25 NF. (2.500 fr.).
23 NF. (2.300 fr.) pour les abonnés à *la Nouvelle Critique.*

Etranger : 28 NF. (2.800 fr.).
26 NF. (2.600 fr.) pour les abonnés à *la Nouvelle Critique.*

C.C.P. Paris 6956-23 Editions de la Nouvelle Critique

CE qui frappe le plus dans la vie de l'esprit, en ce milieu du XXe siècle, c'est sans aucun doute que plus d'un milliard d'hommes nourrissent leur pensée de la méthode marxiste et que de nombreux Etats ont pris celle-ci pour principe de leur organisation sociale. Le premier but de *Recherches Internationales* est de fournir, sous une forme accessible à un vaste public, des exemples divers de l'apport des chercheurs qui s'inspirent de cette méthode.

Notre second but est de contribuer au développement nécessaire de ces échanges culturels continus et approfondis qui, indispensables au progrès de l'esprit, servent la connaissance réciproque entre les peuples et jouent ainsi un rôle certain dans le maintien de la paix.

Chacun de nos cahiers est consacré à une des sciences de la nature et de l'homme, à un art ou à un grand ensemble de problèmes philosophiques; il est composé de travaux effectués par des chercheurs marxistes des différentes parties du monde. Les textes que nous publions concernent moins la découverte proprement dite ou l'analyse du détail technique que la mise en œuvre de la méthode marxiste matérialiste et dialectique dans une question scientifique ou esthétique donnée.

Aussi éloignés du dogmatisme que de l'indifférence théorique, ces textes ne prétendent pas épuiser, à un moment et dans un secteur donnés, les possibilités de la pensée et de la pratique humaines. Notre conviction est, en effet, que le choc des idées, la critique, la discussion, sont indispensables au développement de la science et de la culture.

En donnant des exemples de l'apport marxiste-léniniste au développement des sciences, de la pensée et de l'art, nous entendons contribuer à l'émulation entre hommes de culture, éveiller des idées, susciter des débats qui, à leur tour, seront des ferments de progrès.

Rédaction-Administration :

LES ÉDITIONS DE LA NOUVELLE CRITIQUE

95-97, boulevard de Sébastopol, Paris (2e)

Vente aux libraires : 24, rue Racine, Paris (6e)